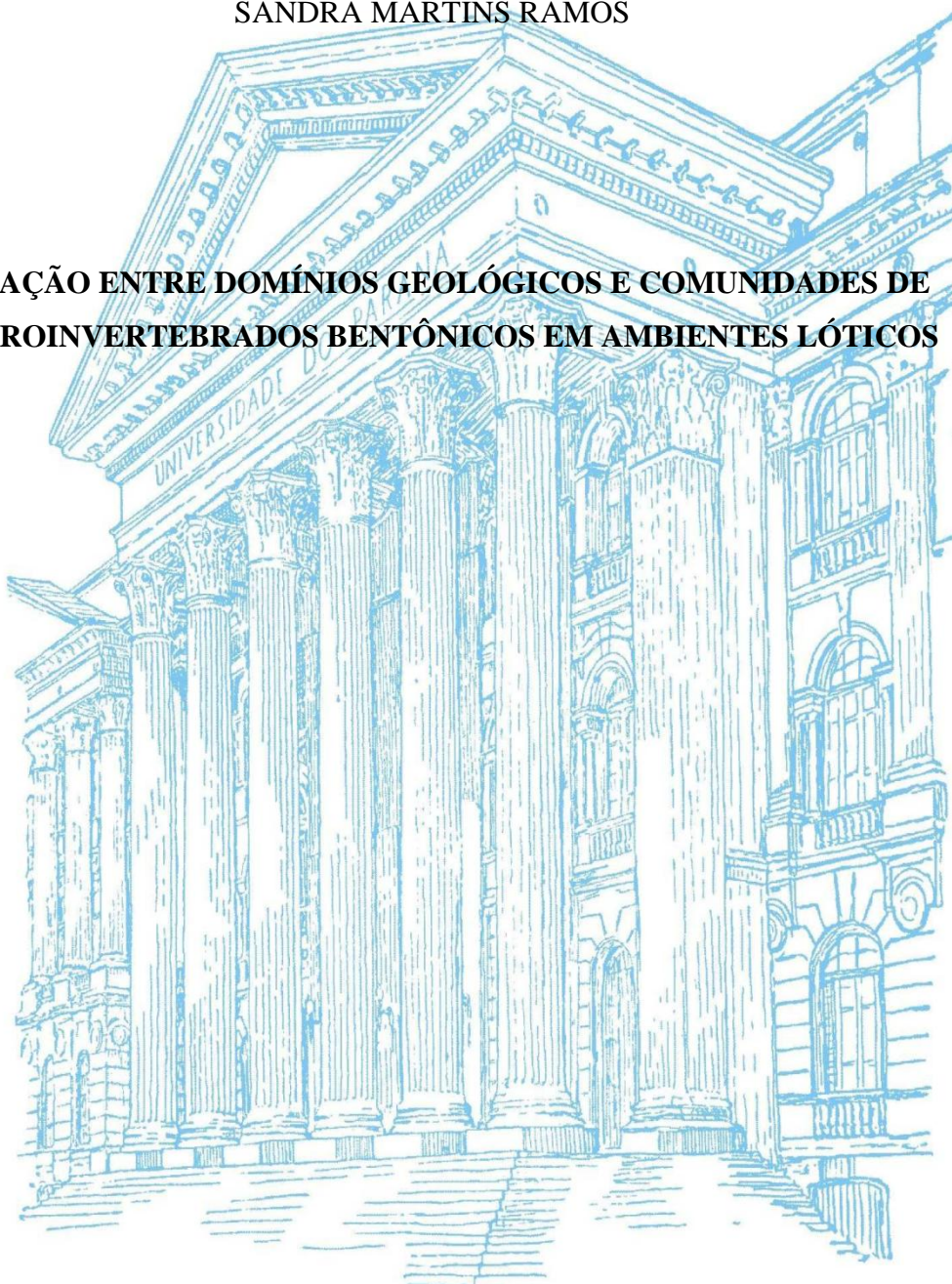


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

SANDRA MARTINS RAMOS

**RELAÇÃO ENTRE DOMÍNIOS GEOLÓGICOS E COMUNIDADES DE
MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM AMBIENTES LÓTICOS**



CURITIBA
2017

SANDRA MARTINS RAMOS

**RELAÇÃO ENTRE DOMÍNIOS GEOLÓGICOS E COMUNIDADES DE
MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM AMBIENTES LÓTICOS**

Tese apresentada como requisito parcial à
obtenção do grau de Doutor em Geologia
Ambiental, no Curso de Pós-Graduação em
Geologia, Setor de Ciências da Terra,
Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Ernani Francisco da Rosa Filho

CURITIBA
2017

R175

Ramos, Sandra Martins

Relação entre domínios geológicos e comunidades de macroinvertebrados bentônicos em ambientes lóticos. – Curitiba, 2017.
126f.: il. color; tabs.: color.: 30 cm.

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geologia.

Coorientador: Prof. Dr. Ernani Francisco da Rosa Filho
Bibliografia: p.108-110

1. Geologia ambiental. 2. Invertebrados. I. Universidade Federal do Paraná. II. Rosa Filho, Ernani Francisco da. III. Título.

CDD 551.48


TERMO DE APROVAÇÃO

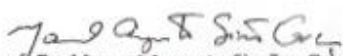
SANDRA MARTINS RAMOS

**"RELAÇÃO ENTRE DOMÍNIOS GEOLÓGICOS E COMUNIDADES DE
MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM AMBIENTES LÓTICOS"**

Tese de doutorado aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor no Programa de Pós-Graduação em Geologia, área de concentração em Geologia Ambiental, da Universidade Federal do Paraná, Comissão formada por:

Curitiba, 17 de fevereiro de 2017.


Prof. Dr. Yara Moretto
(UFPR - Palotina)


Prof. Dr. Manuel Augusto Simões Graça
(UC)


Prof. Dr. Gustavo Barbosa Athayde
(UFPR)


Prof. Dr. Oscar Vicente Quinonez
Fernandez
(Unloeste)


Prof. Dr. Ernani Francisco da Rosa Filho
(UFPR)
Presidente

Dedico este trabalho ao meu marido, Donizeti Antonio Giusti que foi o maior incentivador da realização desta pesquisa, sempre pronto para me auxiliar em todos os momentos, com muita disposição e paciência.

A minha mãe, exemplo de que nunca devemos desistir dos nossos sonhos.

Ao meu filho Rafael Wanderley Lóss, como prova de que nada é impossível quando nos dedicamos a fazer com amor, aquilo que nos propomos.

Ao meu filho Antonio Pedro, que esteve junto em todas as fases de desenvolvimento deste projeto.

A todos os meus amigos e familiares que me apoiaram e me incentivaram.

A todos os meus mestres da graduação, especialização, mestrado e doutorado que compartilharam comigo os seus conhecimentos e contribuíram para minha formação profissional e acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Ernani Francisco da Rosa Filho por ter aceitado o desafio de me orientar no desenvolvimento do projeto de tese. Pelo apoio, incentivo, confiança e disponibilidade sempre que precisei.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Paraná e aos professores que contribuíram no processo de aquisição de conhecimento na área de geologia. Em especial, agradeço a Professora Maria Cristina de Souza que sempre me auxiliou com críticas construtivas e sugestões que contribuíram na elaboração da tese e dos artigos, frutos do projeto desenvolvido aliando geologia e biologia.

Ao Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas (LPH) da UFPR pela realização dos procedimentos analíticos das amostras de água.

Ao Laboratório de Mineralogia e Rochas (LAMIR) da UFPR pelo auxílio para análise de Fluorescência de Raio X (FRX) das amostras de sedimento.

Ao Laboratório de Estudos Sedimentológicos e Petrologia Sedimentar (LABESED) – UFPR pela realização das análises granulométricas das amostras de sedimento.

Ao Instituto Tecnológico de Transporte e Infraestrutura – ITTI / UFPR, em especial ao Coordenador Prof. Dr. Eduardo Ratton, que me possibilitou a participação em projetos nos quais pude aplicar os conhecimentos adquiridos durante o período do doutorado.

A minha grande amiga Suely Medeiros Figueiredo, que sempre me acolheu nos momentos difíceis com palavras de incentivo e carinho.

A minha amiga e companheira de Pós-Graduação, Ana Paula pela ajuda na correção do texto dos artigos e da tese.

Agradecimento especial a uma pessoa que foi: auxiliar de campo, motorista, geólogo de plantão, babá e nas horas vagas, revisor dos meus textos. Ao meu marido, Donizeti Antonio Giusti, pela parceria durante os últimos quatro anos. Sem você teria sido muito mais difícil. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pelo apoio financeiro.

RESUMO

Entender a relação entre o tipo de formação geológica e o quimismo de sedimento fluvial e a composição físico-química de água superficial, pode demonstrar quais os principais componentes iônicos e compostos químicos lixiviados, dissolvidos e concentrados no leito dos ambientes aquáticos e desta forma, relacioná-los a mineralogia e ao solo, de uma região. Isso permite indicar se tais concentrações são referentes às condições naturais ou se são valores anômalos, que podem estar relacionados a interferências antrópicas. Além disso, pode auxiliar na compreensão de padrões de distribuição da macrofauna bentônica, e desta forma, contribuir para a escolha de organismos que possam ser utilizados como bioindicadores de qualidade ambiental de microbacias hidrográficas, assentadas sobre formações geológicas distintas. Neste contexto, o objetivo do estudo foi identificar relações entre as características geoquímicas do sedimento de drenagem, características físicas e químicas de águas superficiais e composição da macrofauna bentônica em microbacias localizadas em domínios geológicos distintos. Os pontos de amostragem foram distribuídos em 3 diferentes áreas geológicas no Paraná: Primeiro Planalto Paranaense na Formação Capiuru (predominância de rochas carbonáticas), Segundo Planalto Paranaense em formações paleozóicas onde ocorrem as Formações Irati (folhelho betuminoso, folhelho, siltito e calcário), Teresina (siltito com lentes de intercalação calcíferas e folhelho) e Itararé (arenito, siltito, e intercalação silto-arenosa) e Terceiro Planalto Paranaense, na Formação Serra Geral (que consiste principalmente de rochas basálticas). Foram selecionadas 5 microbacias em cada domínio geológico, totalizando 15 pontos amostrais, onde foram coletados os organismos bentônicos, amostras de água superficial e de sedimento fluvial. Os resultados obtidos permitiram a extrapolação dos métodos utilizados no Paraná, em avaliação de qualidade de água superficial na região oeste da Bahia, em domínio geológico cristalino. Como produto final da tese, foram gerados três artigos científicos. O primeiro versa sobre a influência da geologia local no quimismo das águas superficiais e sedimentos fluviais. Este artigo foi publicado na Revista Brasileira de Recursos Hídricos, volume 21, número 4, páginas 882-893, edição outubro/dezembro/2016. O segundo artigo agrega as informações inerentes às condições físico-químicas da água e do sedimento fluvial à estrutura e composição da macrofauna bentônica e deverá ser submetido a uma revista científica depois da incorporação das sugestões da banca, durante a defesa desta tese. E por fim, o terceiro artigo, que trata do uso da macrofauna bentônica em processos de licenciamento ambiental de obras lineares. Este artigo foi submetido a Revista Brasileira de Gestão Ambiental e está em fase de avaliação. O desenvolvimento do projeto e os resultados obtidos nos permitiu concluir que diante da grande diversidade geológica e biológica que ocorre no Brasil, o uso da macrofauna bentônica como bioindicadora de qualidade ecológica das águas superficiais, deve considerar as características geológicas e geomorfológicas que interferem diretamente na estrutura e composição desses organismos, sendo, portanto, necessária cautela no uso de índices biológicos para microbacias com características distintas. As informações sobre geologia, características físico-químicas de águas superficiais, do sedimento fluvial e composição da macrofauna bentônica em 15 microbacias hidrográficas no Estado do Paraná e uma, na região oeste da Bahia, configuram-se em dados inéditos para as regiões de estudo, que podem ser úteis em programas futuros de monitoramento e gestão de recursos hídricos.

Palavras-chave: Geologia ambiental, águas superficiais, invertebrados bentônicos, bioindicadores.

ABSTRACT

Understand the relationship between the type of geological formation and the river sediment chemism and surface water can demonstrate what are the main ionic components and chemicals leached dissolved and concentrated in the beds of aquatic environments and relate them to mineralogy and soil of a region. This allows indicate whether such concentrations are related to natural conditions or are anomalous values, which may be related to anthropogenic interference. Moreover, it can assist in the understanding of distribution patterns of benthic macroinvertebrates, and thus contribute to the choice of organisms that can be used as bio-indicators of environmental quality watersheds, settled on different geological formations. In this context the objective of the study is to test correlations between the geochemical characteristics of the drain sediment, physical and chemical characteristics of surface water and composition of benthic macroinvertebrates in watersheds located in different geological domains. Sampling points were distributed in three different geological areas in the state of Paraná: First Paraná Plateau of Capiu Formation (predominance of carbonate rocks), Second Paraná Plateau in Paleozoic Formation where there are formations Irati (bituminous shale, shale, siltstone and limestone), Teresina (siltstone with calciferous merge lenses and shale) and Itararé (sandstone, siltstone, and silt-sandy intercalation) and Third Paranaense Plateau in Serra Geral Formation (consisting mainly of basaltic rocks). 5 watersheds were selected in each geological domain, totaling 15 sampling points, which were collected benthic organisms, surface water and river sediment samples. The results obtained allowed the extrapolation of the methods used in Paraná in evaluation of surface water quality in the western region of Bahia, in a crystalline geological domain. As final product of the thesis, three scientific articles were generated. The first deals with the influence of local geology on the chemistry of surface waters and fluvial sediments. This paper was published in the Brazilian Journal of Water Resources, v. 21, n. 4, pages 882-893, in the October / December 2016 issue. The second article aggregates information on the physical and chemical conditions of water and sediment Structure and composition of the benthic macrofauna and should be submitted to a scientific journal after incorporating the suggestions of the bank, during the defense of this thesis. And finally, the third article that deals with the use of benthic macrofauna in environmental licensing processes of linear works. This article has been submitted to the Brazilian Journal of Environmental Management and is being evaluated. The development of the project and the results obtained allowed us to conclude that due to the great geological and biological diversity that occurs in Brazil, the use of benthic invertebrate as bioindicators of ecological quality of surface waters should consider geological and geomorphological characteristics, that directly interfere with the structure and composition of these organisms, and therefore, caution is needed in the use of biological indexes for catchments with different characteristics. The information on geology, physical-chemical characteristics of surface waters, fluvial sediment and composition of the benthic macrofauna in 15 catchments in the State of Paraná and one in the west region of Bahia, obtained during project execution, are set in inedited data for the study regions, which we hope will be useful in future monitoring and management of water resources.

Keywords: Environmental geology, surface waters, benthic invertebrates, bioindicators.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO COM INDICAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRAIS DISTRIBUÍDOS EM TRÊS COMPARTIMENTAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS NO PARANÁ – BRASIL.....	16
FIGURA 2 – MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DMCS1 – RIO BACAETAVA.	18
FIGURA 3 - MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DMCS2 – RIO CAPAIVARI.	19
FIGURA 4 - MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DMCS3 – RIO CONCEIÇÃO.	19
FIGURA 5 - MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DMCS4 – AFLUENTE DO RIO CONCEIÇÃO.....	20
FIGURA 6 - MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DMCS5 – RIO JAVACAÍ..	20
FIGURA 7 - MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DSTC1 – RIO GUARAÚNA.	22
FIGURA 8 - MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DSTC2 – RIO IMBITUVINHA.....	22
FIGURA 9 - MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DSTC3 – ARROIO CERRO AZUL.	23
FIGURA 10 - MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DSTC4 – RIO DESPRAIADO.....	23
FIGURA 11 - MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DSTC5 – RIO BARRA GRANDE.	24
FIGURA 12 - MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DMB1 – RIO FURNAS...	25
FIGURA 13 - MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DMB2 – RIO MARREQUINHA.	25
FIGURA 14 - MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DMB3 – RIO MARRECAS.	26
FIGURA 15 - MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DMB4 – RIO SÃO FRANCISCO.....	26
FIGURA 16 - MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DMB5 – RIO DAS PEDRAS.	26

FIGURA 17- VISTA PARCIAL DO PONTO AMOSTRAL - DMSC1 – RIO BACAETAVA.	30
FIGURA 18 - VISTA PARCIAL DO PONTO AMOSTRAL DMSC2 – RIO CAPIVARI.....	31
FIGURA 19 - VISTA PARCIAL DOS PONTOS AMOSTRAL DMSC3 – RIO CONCEIÇÃO.	31
FIGURA 20 - VISTA PARCIAL DO PONTO AMOSTRAL DMSC4 – AFLUENTE DO RIO CONCEIÇÃO.....	32
FIGURA 21 - VISTA PARCIAL DO PONTO AMOSTRAL DMSC5 – RIO JAVACAÍ.....	32
FIGURA 22 - VISTA PARCIAL DO PONTO AMOSTRAL .DSTC1 – RIO GUARAÚNA	33
FIGURA 23 - VISTA PARCIAL DO PONTO AMOSTRAL DSTC2 – RIO IMBITUVINHA	33
FIGURA 24 - VISTA PARCIAL DO PONTO AMOSTRAL DSTC3 – ARROIO CERRO AZUL.	34
FIGURA 25 - VISTA PARCIAL DO PONTO AMOSTRAL DSCT4 – RIO DESPRAIADO.	34
FIGURA 26 – VISTA PARCIAL DO PONTO AMOSTRAL DSTC5 – RIO BARRA GRANDE.	35
FIGURA 27 – VISTA PARCIAL DO PONTO AMOSTRAL DMB1 – RIO FURNAS.	35
FIGURA 28 - VISTA PARCIAL DOS PONTOS AMOSTRAIS. DMB2 – RIO MAREQUINHA.....	36
FIGURA 29 – VISTA PARCIAL DO PONTO AMOSTRAL DMB3 – RIO MARRECAS. .	36
FIGURA 30 – VISTA PARCIAL DO PONTO AMOSTRAL DMB4 – RIO SÃO FRANCISCO	37
FIGURA 31 – VISTA PARCIAL DO PONTO AMOSTRAL DMB5 – RIO DAS PEDRAS. MUNICÍPIO DE GUARAPUAVA – PR.....	37
FIGURA 32 – A) EQUIPAMENTO UTILIZADO PARA MOAGEM DO SEDIMENTO (PULVERIZADOR). B) SEDIMENTO EM PANELA DE TUNGSTÊNIO, DEPOIS DE PROCESSO DE PULVERIZAÇÃO.....	47
FIGURA 33 – A) SEDIMENTO APÓS PROCESSO DE MOAGEM. B) SEDIMENTO EM PRENSA PARA MOLDE DAS PASTILHAS A SEREM UTILIZADAS NA ANÁLISE GEOQUÍMICA FRX.....	48
FIGURA 34 – PROCESSO DE RETIRADA DAS ALÍQUOTAS NA PROFUNDIDADE DE 20 CM (A) E 10 CM (B).	51

FIGURA 35 – PROCESSO DE ELUTRIAÇÃO, REALIZADO PARA RETIRADA DE MATERIAL FINO DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO FLUVIAL.....	52
FIGURA 36 – SISTEMA DE AGITAÇÃO TIPO RO-TAP UTILIZADO PARA O PROCESSO DE SEPARAÇÃO GRANULOMÉTRICA DO SEDIMENTO.....	52
FIGURA 37 – A) COLETA DA MACROFAUNA BENTÔNICA. B) MATERIAL FUNDO DO LEITO DO RIO COLETADO PARA AMOSTRAGEM DOS ORGANISMOS BENTÔNICOS.....	54
FIGURA 38 – PROCESSO DE TRIAGEM E IDENTIFICAÇÃO DOS ORGANISMOS BENTÔNICOS.....	55

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRAIS, LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA, ALTITUDE E TAMANHO (KM ²) DA ÁREA AVALIADA EM CADA MICROBACIA.....	17
TABELA 2 - CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS DOS PONTOS AMOSTRAIS LOCALIZADOS NO DMSC (DOMÍNIO METASSEDIMENTAR CARBONÁTICO), DSTC (DOMÍNIO SEDIMENTAR TERRÍGENO-CARBONÁTICO) E DMB (DOMÍNIO MAGMÁTICO BÁSICO).	38
TABELA 3 – PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DA ÁGUA ANALISADOS.	41
TABELA 4 – TEMPO E PROFUNDIDADE PARA OBTENÇÃO DAS ALÍQUOTAS DE SEDIMENTOS FINOS.	50

SUMÁRIO

RESUMO.....	5
ABSTRACT	6
1 INTRODUÇÃO	13
2 Descrição da Área de estudo	15
2.1 Características geológicas.....	18
2.2 Geomorfologia	27
2.2.1 Características físicas dos pontos amostrais	30
2.3 Aspectos edáficos e erosionais.....	39
3 Material e Métodos.....	40
3.1 Classificação dos tipos de uso do solo	40
3.2 Coleta e análise das amostras de água superficial.....	40
3.3 Coleta e análise das amostras de sedimento fluvial	47
3.4 Análise granulométrica das amostras de sedimento fluvial	49
3.4.1 Preparação das amostras de sedimento	49
3.4.2 Quantificação das frações de silte e argila pelo método da sedimentação – Lei de Stokes	49
3.4.3 Quantificação de seixos, grânulos e areia pelo método de peneiramento	51
3.5 Classificação visual do substrato de fundo e regime de fluxo	53
3.6 Coleta da macrofauna bentônica.....	53
3.6.1 Triagem e Identificação dos organismos bentônicos	54
CAPÍTULO 1 – Relationship between geological domain and physicochemical parameters in lotic system	56

CAPÍTULO 2 – Geological domains as a determining factor in the distribution of benthic macrofauna	68
CAPITULO 3 – Diagnóstico da comunidade bentônica no ambiente do licenciamento ambiental da ponte sobre o rio Corrente, Correntina, BA.	97
4 Considerações finais.....	107
Referências	108
ANEXO I – MAPAS DE USO DO SOLO	111

1 INTRODUÇÃO

As microbacias hidrográficas são unidades ecossistêmicas da paisagem que integram os ciclos naturais de energia, nutrientes e água (VANNOTE et al., 1980). Estudos demonstram que atividades antropogênicas alteram as características naturais dos ambientes aquáticos em diferentes escalas espaciais (regional e local) (SPONSELLER et al., 2001; ROBINSON et al., 2002) interferindo nas características do sedimento de drenagem e na estrutura das comunidades aquáticas.

As características químicas das águas superficiais e dos sedimentos fluviais são resultantes do somatório de um conjunto de formas de ocorrência dos elementos químicos. Estes podem ser de origem natural (litotipos, estruturas geológicas, ocorrências minerais, tipos de solo, vegetação) ou antrópicas, tais como: depósitos de resíduos sólidos urbanos, efluentes industriais, resíduos de pesticidas e outros insumos agrícolas, criando compartimentos geoquímicos que representam os domínios da fração passível de agregação imediata ao ciclo biológico das comunidades aquáticas (FEITOSA & FILHO, 1997).

As alterações nas características e qualidade das águas superficiais podem ser avaliadas através de diversos métodos, entre eles, a análise de parâmetros físicos, químicos, bacteriológicos e utilização de bioindicadores, como é o caso do uso macroinvertebrados bentônicos que vivem associados ao sedimento de fundo dos ambientes aquáticos.

A macrofauna bentônica é composta principalmente por organismos das classes Oligochaeta (minhocas aquáticas), Hirudinea (sanguessugas aquáticas), Gastropoda, Bivalvia, Crustacea (caranguejos) e Insecta (insetos), sendo que esta última representa a maior riqueza de espécies dos corpos aquáticos. Estes grupos taxonômicos apresentam, em geral, diferentes níveis de sensibilidade e taxas de recuperação quando expostas a alterações ambientais, tornando-os úteis em programas de biomonitoramento (ROSENBERG & RESH 1993; MERRIT & CUMMINS 1996) e em pesquisas ecológicas que visam avaliar os efeitos de atividades humanas nos ecossistemas aquáticos (MOORE & PALMER, 2005).

No uso de organismos da macrofauna bentônica como potencial bioindicadores, normalmente são levados em consideração às características do tipo de uso do solo (área agrícola, urbana ou florestada) ou tipo de vegetação (bioma) na bacia hidrográfica. Entretanto,

características geoquímicas da água e do sedimento fluvial não são correlacionadas com as variáveis bióticas.

Neste contexto, entender a relação entre o tipo de formação geológica e o quimismo de sedimento fluvial e de água superficial pode demonstrar quais são os principais componentes iônicos e compostos químicos lixiviados, dissolvidos e concentrados no leito e relacioná-los a mineralogia e solo de uma região. Isso permite indicar se tais concentrações são referentes às condições naturais ou se são valores anômalos que podem estar relacionados a interferências antrópicas, como maior exposição do solo e das rochas através de desmatamento ou utilização de agrotóxicos, correção de acidez do solo, ou ainda alterações relacionadas a processos de urbanização.

Além disso, pode auxiliar na compreensão de padrões de distribuição da macrofauna bentônica e contribuir na escolha de espécies desta fauna, que apresentem maior confiabilidade como bioindicadores de qualidade ambiental de microbacias hidrográficas, assentadas sobre formações geológicas distintas. Neste contexto as hipóteses testadas foram:

- 1- Devido ao baixo grau de antropização que ocorre nas as microbacias de estudo, os parâmetros físicos e químicos das águas superficiais, apresentam-se dentro dos padrões que podem ser considerados normais, com relação ao domínio geológico em que se inserem e por isso, podem ser utilizadas como referência em programas de monitoramento de qualidade de águas superficiais na região.
- 2- As condições geomorfológicas de microbacias hidrográficas, juntamente com as características físicas e químicas da água diferem conforme o domínio geológico e consequentemente interferem na estrutura e composição da macrofauna bentônica.
- 3- A qualidade ambiental de um trecho do rio Corrente (Correntina-BA) decai conforme aumenta o grau de urbanização e esta pode ser confirmada pela composição da macrofauna bentônica.

Esta tese está estruturada em conformidade com as Normas complementares 01/2014 do Programa de Pós-graduação em Geologia da UFPR a qual, estabelece a apresentação do documento em formato de artigo, onde são apresentados os resultados e discussões.

A descrição das áreas de estudo, métodos e materiais são apresentados de maneira detalhada nos itens 2 e 3 respectivamente, e antecedem os três capítulos (artigos 1,2 e 3) que são resultados dos testes de hipóteses. No capítulo 1 é apresentado o primeiro artigo que versa sobre a influência da geologia local no quimismo das águas superficiais e sedimentos fluviais. Este artigo foi publicado na Revista Brasileira de Recursos Hídricos, volume 21, número 4, páginas 882-893, edição outubro/dezembro/2016. O segundo artigo, agrega as informações inerentes às condições físico-químicas da água e do sedimento fluvial à estrutura e composição da macrofauna bentônica e deverá ser submetido a uma revista científica depois da incorporação das sugestões da banca, durante a defesa desta tese. E por fim, o terceiro artigo, que trata do uso da macrofauna bentônica em processos de licenciamento ambiental de obras lineares. Este artigo foi submetido à Revista Brasileira de Gestão Ambiental e está em fase de avaliação.

No item 4 são apresentadas as considerações finais, que consiste em uma integração dos resultados obtidos. Os mapas de uso do solo são apresentados no ANEXO I.

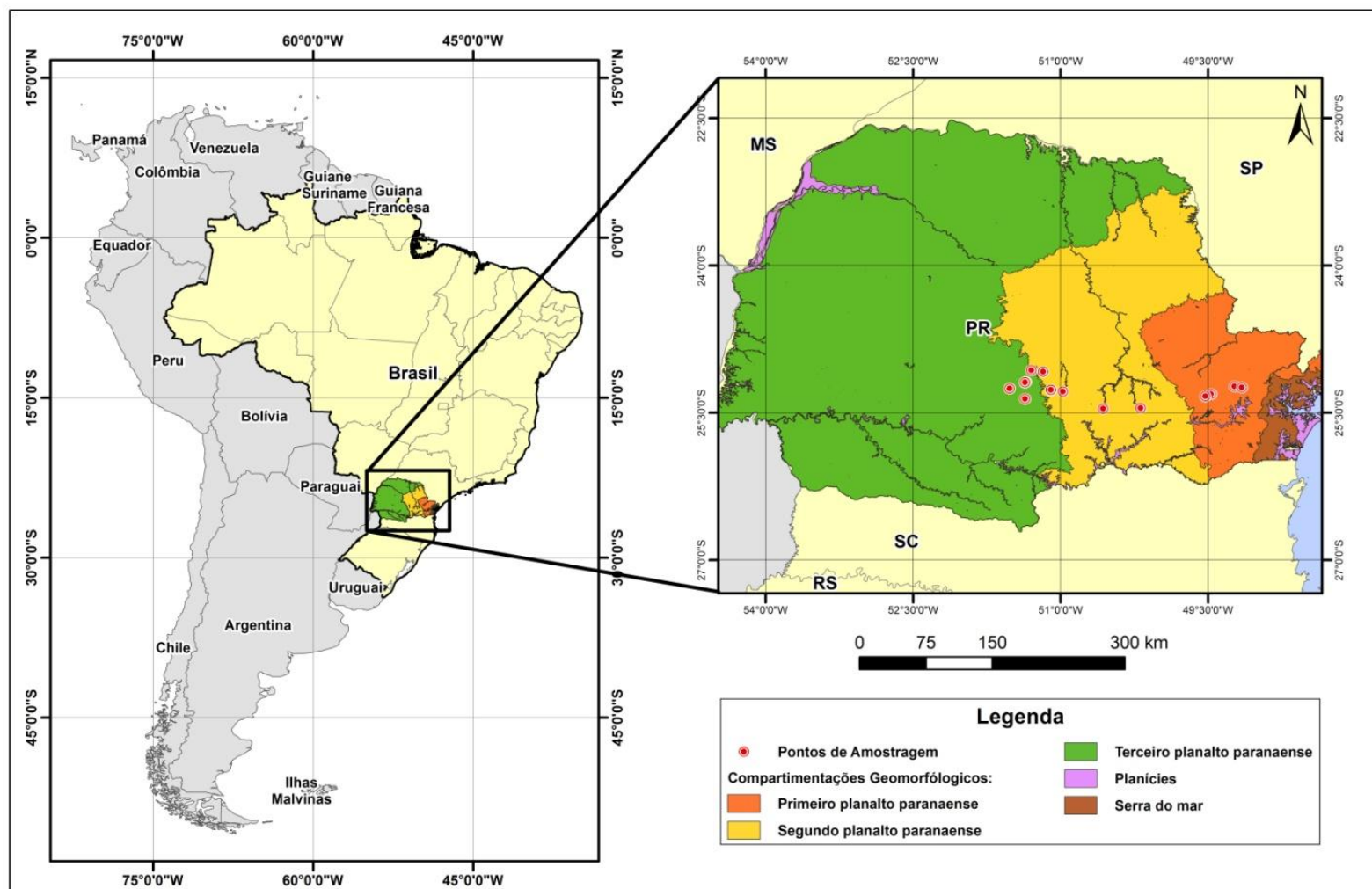
2 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se na região sul do Brasil e abrange três compartimentos geomorfológicos do Estado do Paraná (primeiro, segundo e terceiro planalto paranaense). O clima regional de acordo com a classificação de Koppen é do tipo Cfb – Clima Temperado Úmido (Mesotérmico). Com média do mês mais quente inferior a 22°C e do mês mais frio inferior a 18°C, não apresenta estação seca, verão brando e geadas severas e frequentes (IAPAR, 2000).

O desenho amostral foi delimitado a partir da seleção de microbacias hidrográficas localizadas, em três diferentes domínios geológicos no estado do Paraná (FIGURA 1)

A seleção das áreas para realização do estudo levou em consideração o tipo de uso do solo, sendo que foram selecionadas microbacias que não possuem grandes áreas urbanizadas e industriais, a fim de minimizar possíveis alterações nas características físicas e químicas da água e dos sedimentos, causadas por ações antrópicas. Na TABELA 1 é apresentada a nomenclatura adotada para cada ponto amostral, sua localização geográfica e altitude (m).

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO COM INDICAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRAIS DISTRIBUÍDOS EM TRÊS COMPARTIMENTAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS NO PARANÁ – BRASIL.



FONTE: Modificado de MINEROPAR (2005).

TABELA 1 – IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRAIS, LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA, ALTITUDE E TAMANHO (KM²) DA ÁREA AVALIADA EM CADA MICROBACIA.

Pontos amostrais	Nome do Rio	Município	Coordenadas Geográficas		Altitude (m)	Geomorfologia	Área da microbacia avaliada(km ²)
			N	E			
DMSC1	Bacaetava	Colombo	25°13'53"	49°13'53"	950	PPPR	5,23
DMSC2	Capivari	Colombo	25°14'35"	49°09'09"	902	PPPR	118,63
DMSC3	Conceição	Campo Magro	25°18'34"	49°28'06"	779	PPPR	59,94
DMSC4	Afluente do Rio Conceição	Campo Magro	25°18'35"	49°28'08"	785	PPPR	1,16
DMSC5	Javacá	Campo Magro	25°19'57"	49°31'40"	854	PPPR	41,05
DSTC1	Guaraúna	Palmeira	25°27'09"	50°11'05"	841	SPPR	16,36
DSTC2	Imbituvinha	Irati	25°27'30"	50°34'00"	819	SPPR	6,83
DSTC3	Arroio Cerro Azul	Prudentópolis	25°17'00"	50°58'30"	750	SPPR	67,90
DSTC4	Despraiado	Prudentópolis	25°16'11"	51°05'54"	765	SPPR	14,40
DSTC5	Barra Grande	Prudentópolis	25°04'56"	51°10'37"	580	SPPR	108,50
DMB1	Furnas	Guarapuava	25°15'03"	51°31'05"	1087	TPPR	20,87
DMB2	Marrequinha	Guarapuava	25°11'24"	51°21'45"	1083	TPPR	22,67
DMB3	Marrecas	Guarapuava	25°11'04"	51°21'15"	1084	TPPR	50,10
DMB4	São Francisco	Guarapuava	25°03'57"	51°17'54"	1053	TPPR	65,76
DMB5	Rio das Pedras	Guarapuava	25°21'24"	51°21'37"	1032	TPPR	187,21

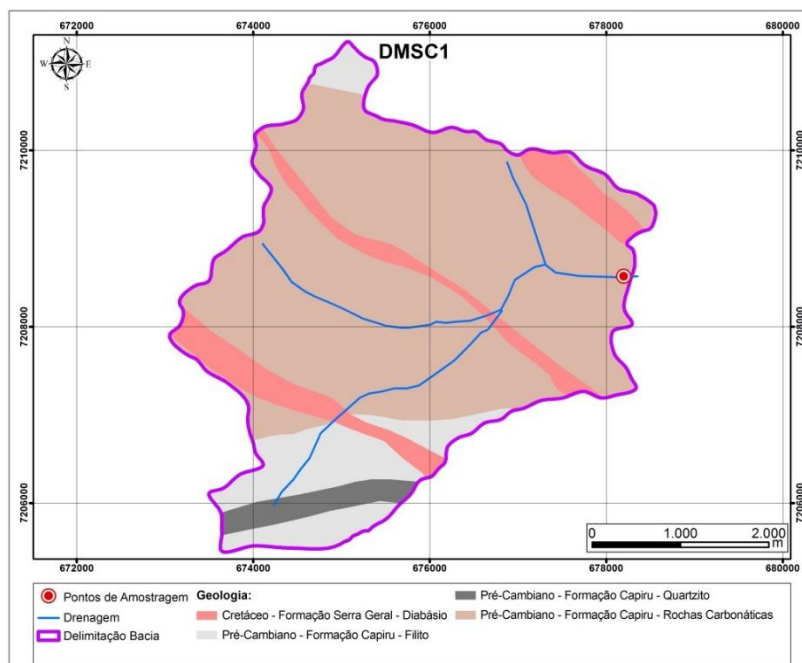
Legenda: DMCS –Domínio Metassedimentar Carbonático; DSTC- Domínio Sedimentar Terrígeno Carbonático; DMB – Domínio Magmático Básico. PPPR – Primeiro Planalto Paranaense; SPPR – Segundo Planalto Paranaense; TPPR – Terceiro Planalto Paranaense.

2.1 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

O domínio metassedimentar carbonático (DMSC) corresponde ao contexto geológico do Grupo Açungui, onde ocorrem rochas carbonáticas da Formação Capiru (BIGARELLA; SALAMUNI, 1958). Nessa formação geológica estão localizados os pontos de amostragem dos rios Bacaetava (DMSC1), Capivari (DMSC2), Conceição (DMSC3) e Afluente do Conceição (DMSC4) e Javacaí (DMSC5), todos inseridos do Primeiro Planalto Paranaense.

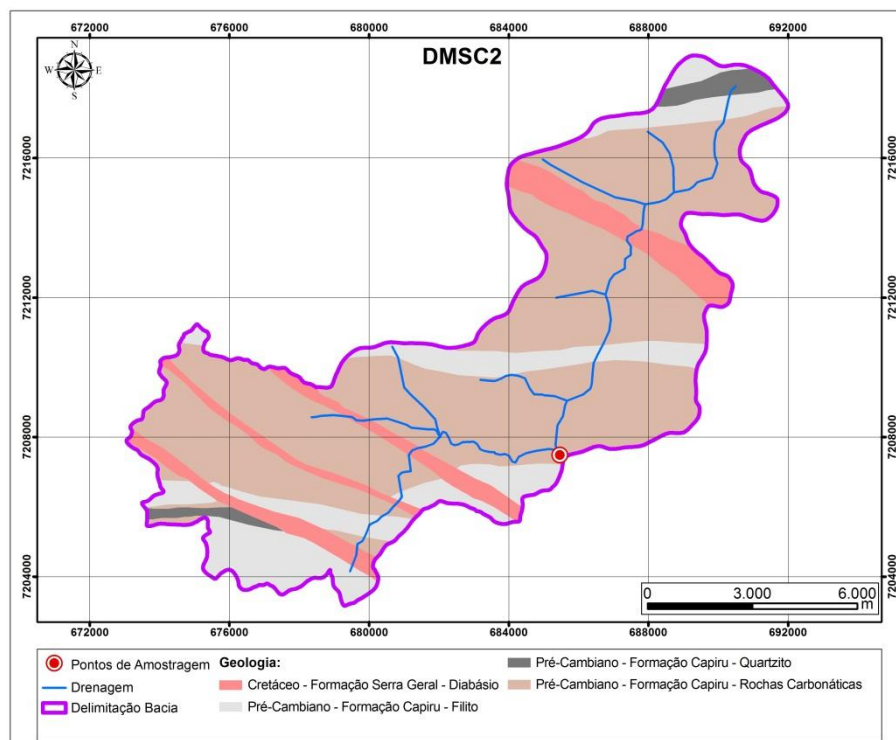
As rochas carbonáticas da Formação Capiru são intercaladas com filitos e quartzitos (rios Javacaí e Capivari) e às vezes atravessadas por diques de diabásio do magmatismo básico do Paraná (rio Conceição). Para Fiori e Gaspar (1993), a Formação Capiru de idade pré-cambriana superior engloba todos os metassedimentos do Grupo Açungui, incluindo uma faixa com filitos avermelhados, com intercalações não muito frequentes de quartzitos; uma com mármore e/ou metacalcários e suas intercalações de filitos e quartzitos; e outra faixa com alternância de bancos ou camadas de quartzitos, filitos e mármore, com espessuras da ordem de centenas de metros. Os filitos e os mármore são geralmente bandados ou rítmicos e os quartzitos mais homogêneos (FIGURA 2 a FIGURA 6).

FIGURA 2 – MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DMSC1 – RIO BACAETAVA.



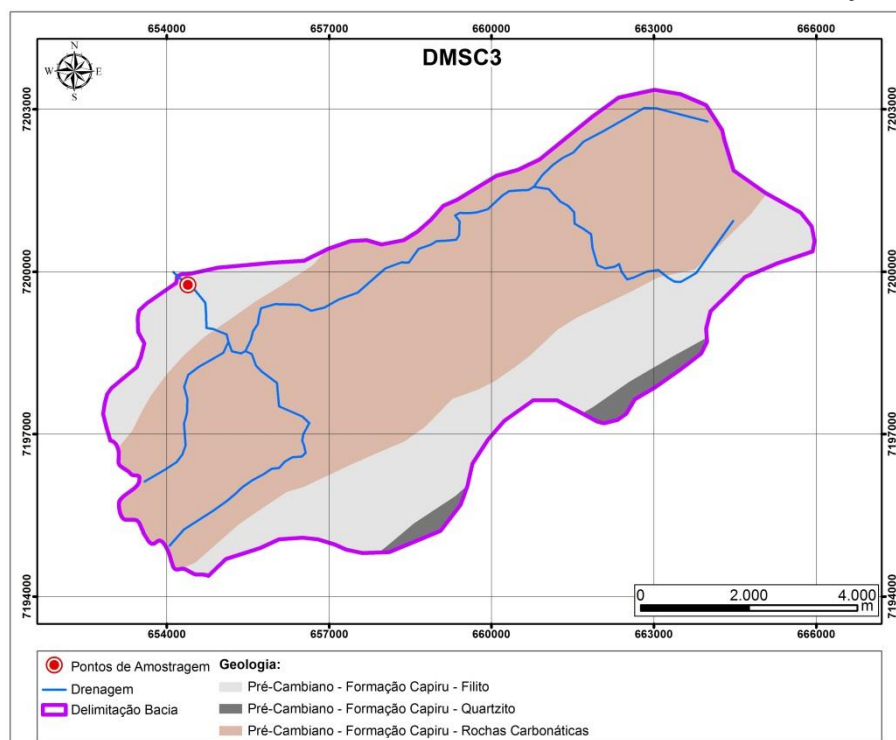
FONTE: A autora (2016).

FIGURA 3 - MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DMCS2 – RIO CAPAIVARI.



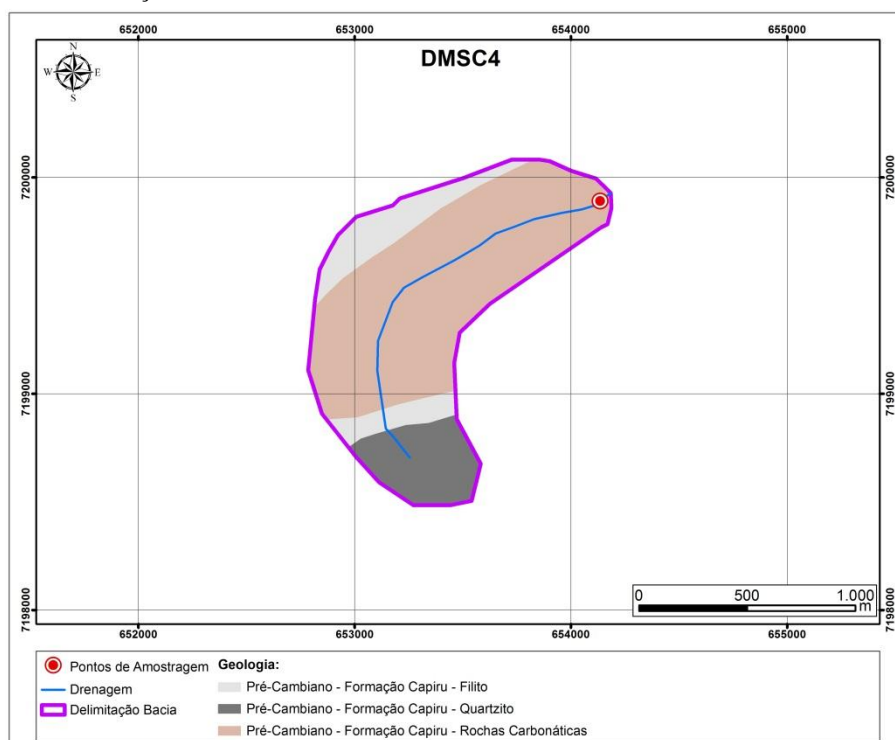
FONTE: A autora (2016).

FIGURA 4 - MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DMCS3 – RIO CONCEIÇÃO.



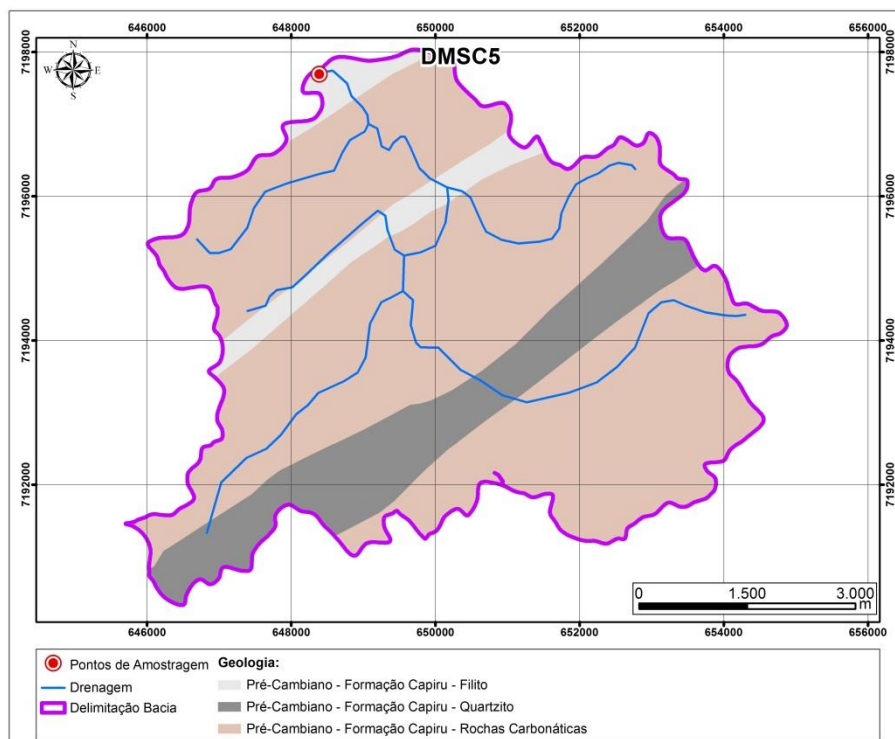
FONTE: A autora (2016).

FIGURA 5 - MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DMCS4 – AFLUENTE DO RIO CONCEIÇÃO.



FONTE: A autora (2016).

FIGURA 6 - MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DMCS5 – RIO JAVACAÍ.



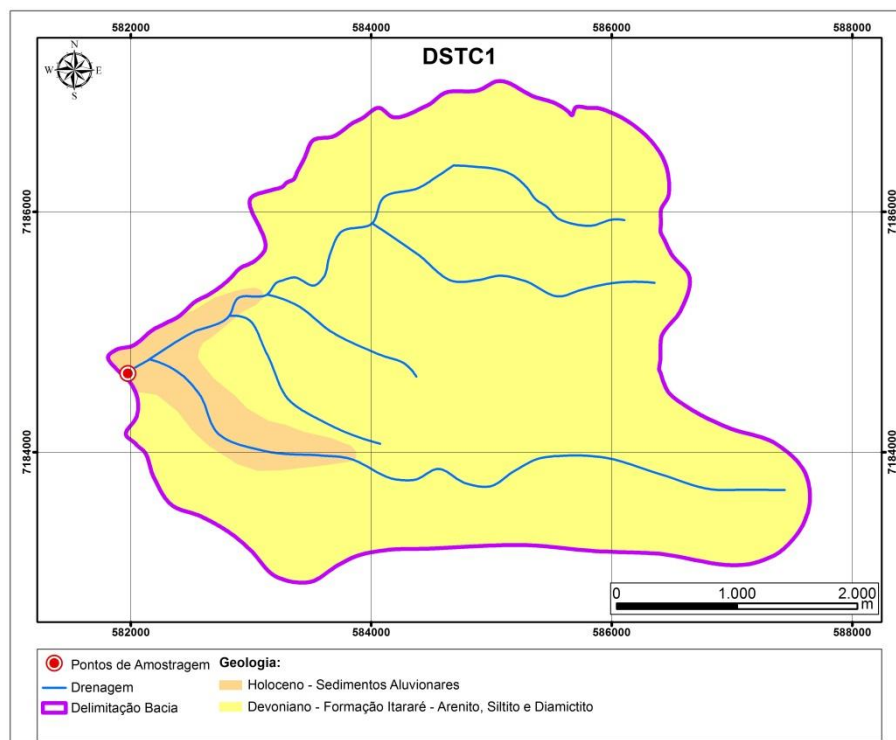
FONTE: A autora (2016).

As áreas amostradas no domínio sedimentar terrígeno-carbonático (DSTC) inserem-se no segundo planalto paranaense, onde ocorrem as formações paleozóicas da Bacia Sedimentar do Paraná (MINEROPAR, 2005). As áreas estudadas nesse domínio correspondem ao Grupo Itararé e Grupo Passa Dois (Formações Irati, Teresina, Rio do Rasto).

Conforme Weinschütz e Castro (2004), o Grupo Itararé representa o mais importante registro de glaciação da história da Terra, desenvolvido no período Permo-Carbonífero. Este grupo é constituído predominantemente por arenitos finos a grossos avermelhados, esbranquiçados e amarelados, siltitos, ritmitos e folhelhos cinzentos, varvitos, diamictitos com estratificações e laminações convolutas, paralelas, cruzadas e onduladas, depositados em ambientes glaciais (VESELY et al., 2015).

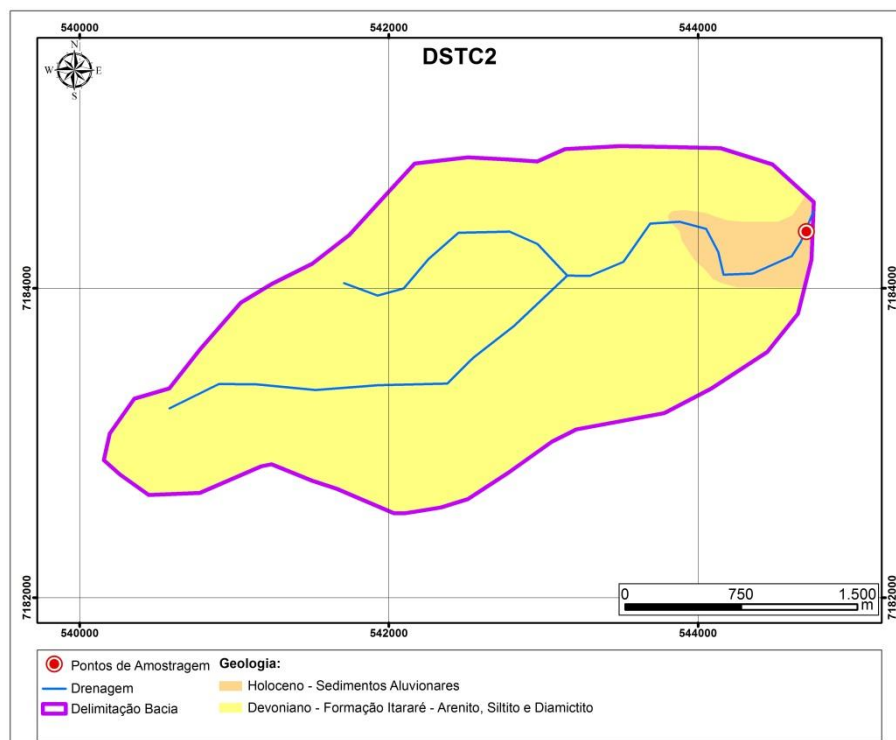
O Grupo Passa Dois, de idade permo-triássica (SCHNEIDER et al., 1974), é subdividido em: formações Irati, Serra Alta, Terezina e Rio do Rasto. Litologicamente, apresentam intercalações rítmicas de siltitos e folhelhos, laminados e finos, de cores variáveis, em tons cinza-claro, cinza-escuro e avermelhado. Para Gama Jr., (1979), a Formação Irati documenta um momento singular na evolução da bacia: uma efetiva restrição à circulação de águas e sob tais condições, acumularam-se carbonatos e evaporitos na porção norte, e folhelhos betuminosos na porção sul da bacia. Na sucessão sedimentar, segue a Formação Serra Alta um pacote de folhelhos cinza-escuros finamente laminados, produto de decantação de argila em um contexto marinho de baixa energia. Na sequência, depósitos predominantemente pelíticos, com estruturas sedimentares ligadas à ação de marés, representam a Formação Teresina, dando lugar a um complexo progradacional de "red beds" incluindo lobos deltaicos, pelitos lacustres, arenitos eólicos e depósitos fluviais (LAVINA, 1988) da Formação Rio do Rasto, que se distingue das demais formações do Grupo Passa Dois, devido ao maior caráter arenítico de sua composição (FIGURA 7 a FIGURA 11).

FIGURA 7 - MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DSTC1 – RIO GUARAÚNA.



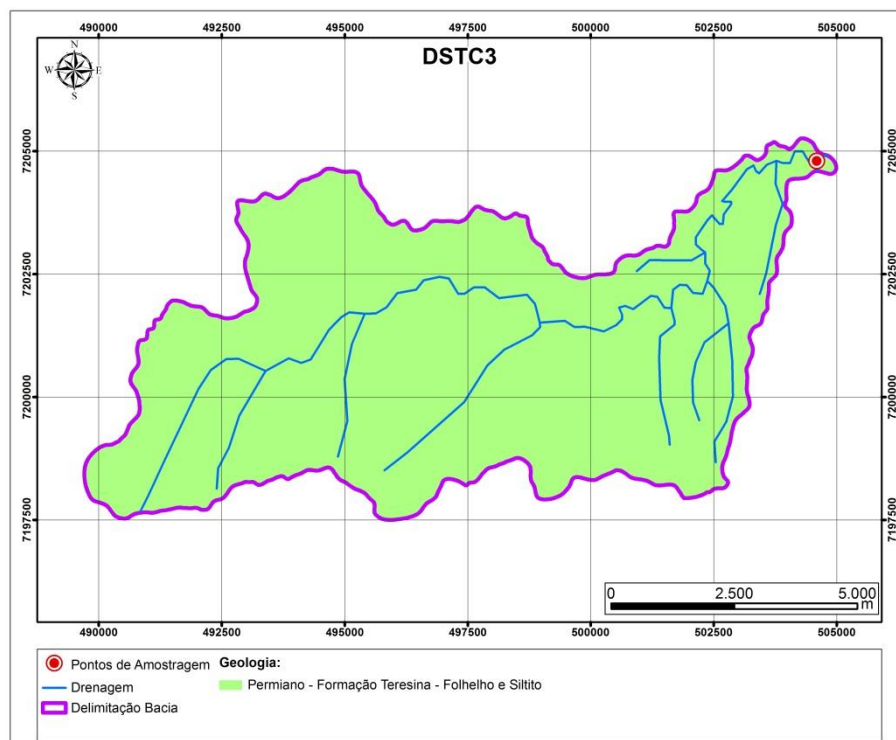
FONTE: A autora (2016).

FIGURA 8 - MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DSTC2 – RIO IMBITUVINHA.



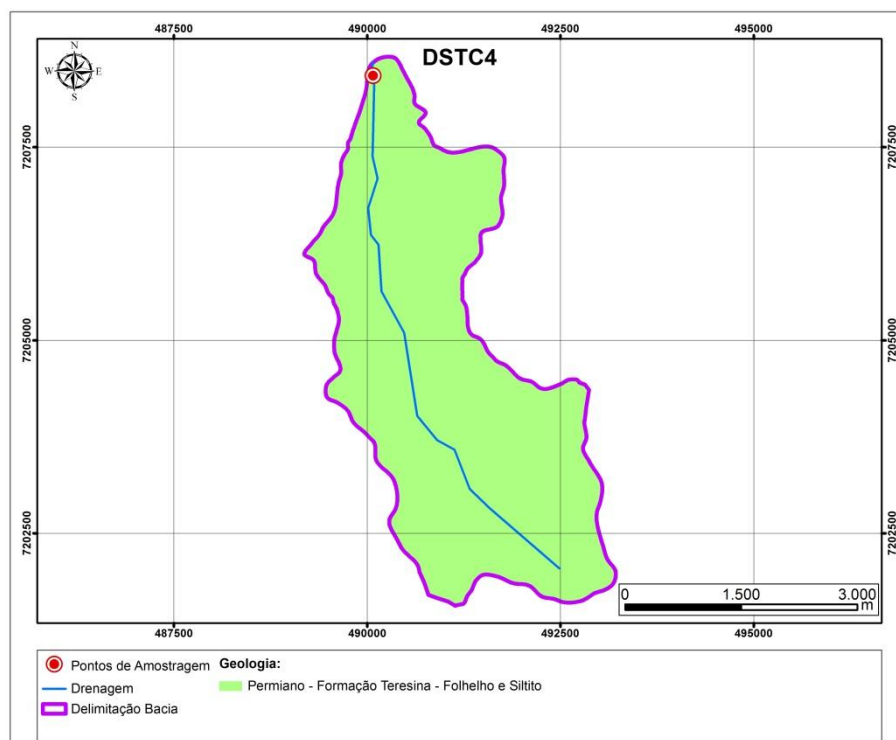
FONTE: A autora (2016).

FIGURA 9 - MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DSTC3 – ARROIO CERRO AZUL.



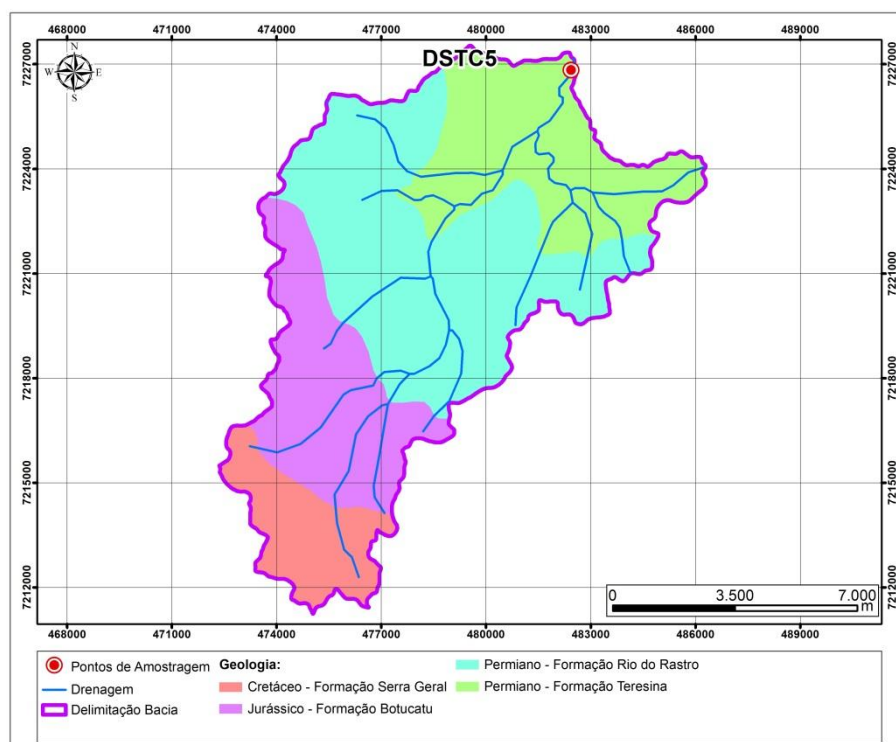
FONTE: A autora (2016).

FIGURA 10 - MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DSTC4 – RIO DESPRAIADO.



FONTE: A autora (2016).

FIGURA 11 - MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DSTC5 – RIO BARRA GRANDE.

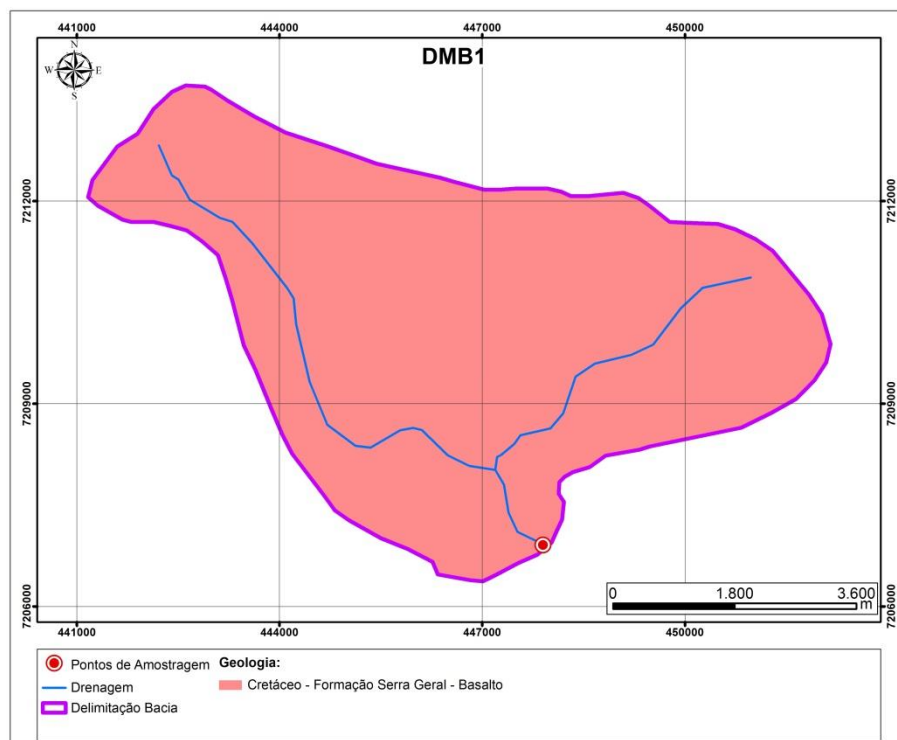


FONTE: A autora (2016).

As áreas amostradas no domínio magmático básico (DMB) localizam-se no Terceiro Planalto Paranaense e integram o Grupo São Bento (MAACK, 1981), que inserido na Formação Serra Geral, de idade cretácea (MILANI; FRANÇA; SCHNEIDER, 1994), representada por um espesso pacote de lavas basálticas continentais, com variações químicas e texturais importantes, resultantes de um dos mais volumosos processos vulcânicos dos continentes.

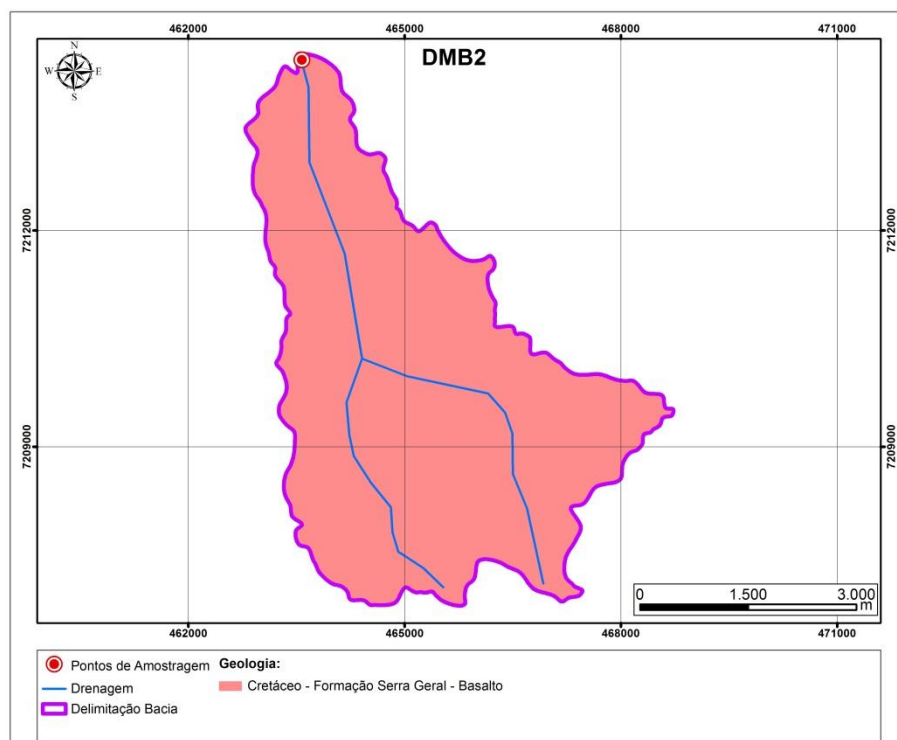
Nas áreas estudadas neste domínio (FIGURA 12 a FIGURA 16), as rochas predominantes são efusivas básicas de caráter toleítico, genericamente denominadas como basaltos, podendo ou não ocorrer rochas vulcânicas ácidas constituídas por riolacitos, riolitos e andesitos. Além desse padrão principal, pode-se encontrar: meláfios com drusas grossas e preenchimentos silicosos, como ágata e cristal de rocha; e meláfios com drusas finas de calcita e heulandita; diabásios intersticiais, diabásios-porfíritos ou augita-porfíritos e toleitos; nos preenchimentos de fendas, isto é, das rochas de diques e sills, predominam diabásios de granulação fina até grosseira; entretanto, também diabásio-porfíritos e andesitos ocorrem frequentemente em diques (MAACK, 1946).

FIGURA 12 - MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DMB1 – RIO FURNAS.



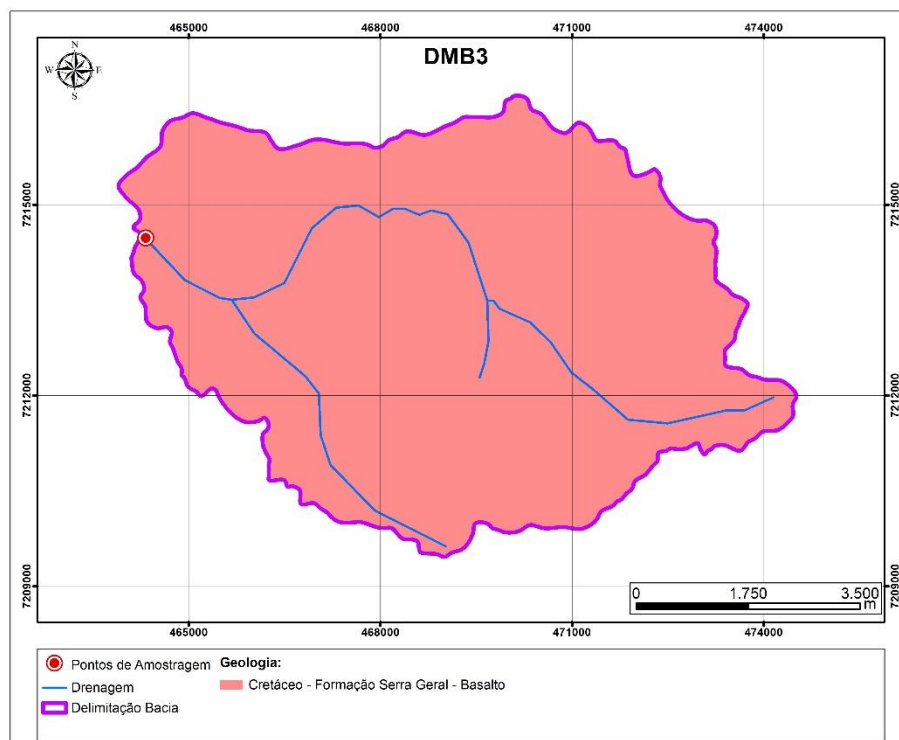
FONTE: A autora (2016).

FIGURA 13 - MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DMB2 – RIO MARREQUINHA.



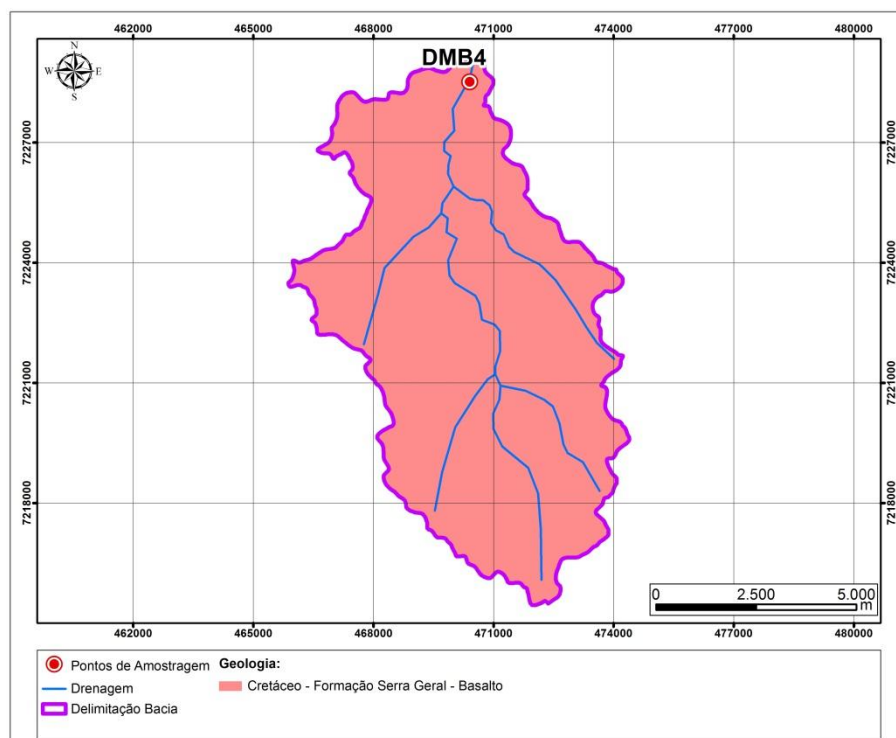
FONTE: A autora (2016).

FIGURA 14 - MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DMB3 – RIO MARRECAS.



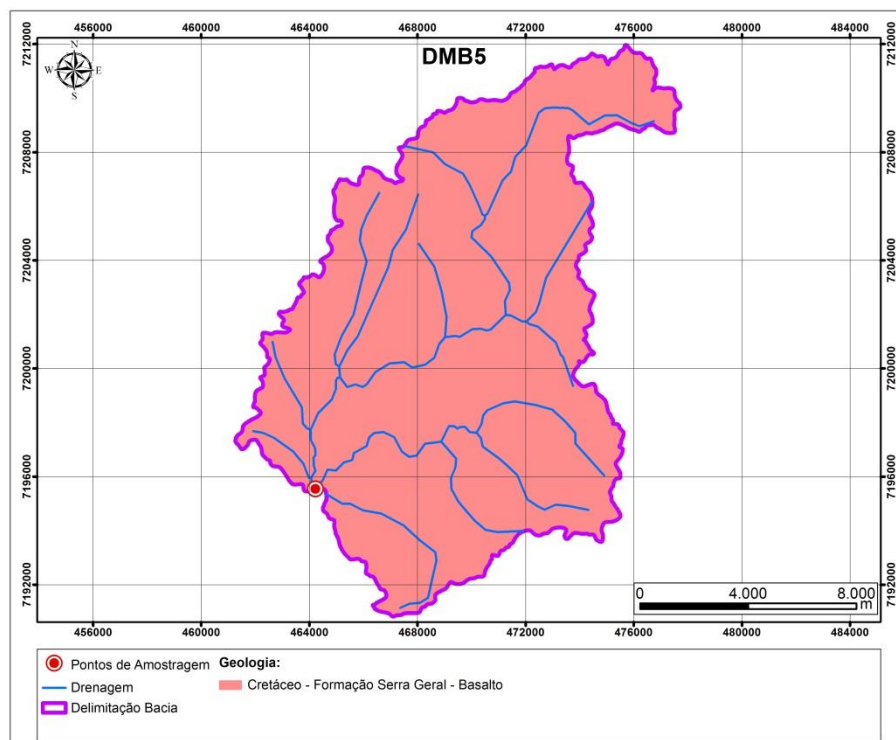
FONTE: A autora (2016).

FIGURA 15 - MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DMB4 – RIO SÃO FRANCISCO.



FONTE: A autora (2016).

FIGURA 16 - MAPA GEOLÓGICO DO PONTO AMOSTRAL DMB5 – RIO DAS PEDRAS.



FONTE: A autora (2016).

2.2 GEOMORFOLOGIA

Na região correspondente ao DMSC (Domínio Metasedimentar Carbonático), os pontos de coleta referentes a Formação Capiru, estão localizados no Primeiro Planalto Paranaense, que se estende desde a escarpa da Serra de São Luiz do Purunã, constituída de estratos horizontais siluro-devonianos da Formação Furnas, até os maciços granito-gnáissicos do Embasamento Cristalino na vertente leste da Serra do Mar (MINEROPAR, 2006).

As rochas da Formação Capiru sofreram intensa dissecação desde o pré-cambriano superior, onde a drenagem da bacia do rio Ribeira modelou um relevo montanhoso, com altitudes variando entre 400 e 1200 metros (MINEROPAR, 2006). Nesta região, a abertura do vale do rio Ribeira permitiu o avanço das cabeceiras de drenagens, produzindo erosão remontante e truncamento de sistemas hidrográficos (MINEROPAR, 2006). Como consequência, surgiram morros alongados e elevados no relevo orientados em N45-50E, com colinas também alinhadas em menores altitudes na

direção N40-45W (MINEROPAR, 2006). Entre esses morros alinhados surgiu uma zona rebaixada no relevo, predominando uma geomorfologia cárstica.

Na sub-bacia dos rios Bacaetava e Capivari (DMSC1 e DMSC2) observa-se um relevo mais movimentado e um nível maior de exposição dos sistemas cársticos, com ocorrência de cavernas e dolinas, desenvolvendo amplitude altimétrica de 240m. Já nas sub-bacias dos rios Conceição, afluente do rio Conceição e rio Javacaí (DMSC3, DMSC4 e DMSC5, respectivamente) o regime erosivo imposto pelo sistema hidrográfico foi mais intenso, onde rochas carbonáticas (metadolomitos e metacalcários), intercaladas com filitos e quartzitos não produziu feições cársticas (MINEROPAR, 2006). Nesta região predomina relevo bastante dissecado, com amplitude altimétrica de 380m.

Na região correspondente ao DSTC (Domínio Sedimentar Terrígeno Carbonático), os pontos estudados referem-se as rochas do Grupo Itararé e Grupo Passa Dois (Formações Irati e Teresina), localizados no Segundo Planalto Paranaense que se estende desde a escarpa da Serra de São Luiz do Purunã, a leste, constituída de estratos horizontais siluro-devonianos da Formação Furnas, até a escarpa arenito-basáltica triássico-jurássico com altitudes variando entre 350 e 1200 metros, a oeste. Nessa região do estado do Paraná, em sua maior extensão ocorre estratos pertencentes ao segundo planalto que declinam suavemente em direção oeste e noroeste. O planalto interiorano é separado por um degrau formado entre sedimentos paleozóicos e as formações mesozoicas (MINEROPAR, 2006).

As sub-bacias dos rios Guaraúna (DSTC1) e Imbituvinha (DSTC2) adentram na bacia hidrográfica do rio Ivaí. O relevo está intensamente dissecado pela drenagem, onde o perfil das vertentes praticamente plano e suave na porção superior dos sedimentos, tornando-se ondulado acidentado, conforme o grau de dissecação ou erosão, produzido durante a evolução da calha dos próprios rios. O modelo das formas de relevo e a distribuição dos demais aspectos paisagísticos, incluindo tipos de solos e de vegetação, estão associados às áreas cujo substrato rochoso é constituído por estratos sedimentares sequenciais e superpostas (MINEROPAR, 2006).

As sub-bacias dos rios Cerro Azul (DSTC3), Despraiado (DSTC4) e Barra Grande (DSTC5) também apresentam relevo dissecado mas, envoltos em terraços que resultam do entalhamento do relevo sobre os diferentes horizontes que constituem os

sedimentos e morros testemunhos de basalto. As formas representadas são simetricamente opostas. Patamares (terraços) suavizados alternam-se, ao longo do perfil, com faixas de acentuada declividade (MINEROPAR, 2006).

No reverso da escarpa superior, ocorre uma sequência de mesetas com topo plano, limitadas lateralmente por ravinamentos profundos e marcantes, devido a presença de grande número de depressões fechadas, circulares, elípticas ou amostradas, preenchidas por lamina d'água ou por solos hidromórficos (MINEROPAR, 2006).

A região correspondente ao DMB (Domínio Magmático Básico) encontra-se no Terceiro Planalto Paranaense. Os pontos de coleta estão localizados em áreas de ocorrência da Formação Serra Geral, que corresponde ao grande derrame mesozóico de rochas eruptivas básicas. O domínio magmático ocorre desde a Serra da Boa Esperança (leste) até o vale do rio Paraná (oeste), abrange a maior área do território paranaense onde desenvolveu um conjunto de planaltos, com inclinação geral para oeste, subdivididos pelos principais afluentes do rio Paraná, com altitudes variando entre 1250m (Guarapuava - Inácio Martins) e 220m na calha do rio Paraná (MINEROPAR, 2006).

Para as sub-bacias dos rios Furnas (DMB1), Marrequinhas (DMB2), Marrecas (DMB3), São Francisco (DMB4) e das Pedras (DMB5) o relevo, é marcado por interflúvios largos de dorso suavemente colinoso. A observação do traçado das principais bacias hidrográficas da região, em fotografias aéreas de menor escala ou imagens de satélite, evidencia a existência de um moderado controle estrutural sobre o padrão de drenagem local. Com repentinas inflexões e cotovelos no curso dos rios, formam um padrão próximo do retangular, refletindo a influência dos principais padrões de lineamentos tectônicos/fraturamentos verticais a subverticais – NE e NW e, como consequência, um sistema de treliças (MINEROPAR, 2006).

A presença de múltiplas quedas d'água e corredeiras, evidencia a dissecação através das estruturas geológicas, onde ocorrem solos menos espessos e o sistema de drenagem é mais entalhado. Assim, o relevo é aplanado nas áreas intravertentes e aprofundado nas calhas dos rios estudados. Nos pontos analisados ocorrem predominantemente rochas basálticas e as diferenças de composição mineralógica entre as litologias produziram na região várias cachoeiras e cascatas, além de uma série de corredeiras.

2.2.1 Características físicas dos pontos amostrais

Sob o ponto de vista geomorfológico os cursos d'água podem ser classificados quanto ao tipo de regime de fluxo em: laminar, laminar lento, turbulento e pouco turbulento; e com relação à granulometria do sedimento de fundo do canal em: seixos, granulos, areia, silte e argila; grau de entrincheiramento do canal; relação largura/profundidade; sinuosidade e declividade da lâmina d'água (ROSGEN, 1994). Entretanto, uma das limitações para a classificação fluvial proposta pelo autor supracitado é a necessidade da correta identificação do nível de margens plenas (FERNANDEZ, 2016). Assim, nesse trabalho utilizamos parâmetros geomorfológicos que podem ser estimados visualmente.

Desta forma, os pontos amostrais foram classificados quanto ao tipo de canal (entalhado, moderadamente entalhado, meândrico e levemente meândrico); regime de fluxo (laminar, lento e turbulento); granulometria do sedimento (seixos, grânulos, areia, silte e argila); tipo de substrato de fundo (blocos, matacões e lages), conforme descritos a seguir:

DMSC1 - Rio Bacaetava – Apresenta canal moderadamente entalhado, não entrincheirado. O regime de fluxo é laminar, o sedimento predominante possui granulometria arenosa, sem a presença de blocos, matacões ou lages (FIGURA 17).

FIGURA 17- VISTA PARCIAL DO PONTO AMOSTRAL - DMSC1 – RIO BACAETAVA.



FONTE: A autora (2016).

DMSC2 - Rio Capivari: O canal é levemente meândrico e não entrincheirado. O regime de fluxo é laminar e a granulometria predominante do sedimento é composta por grânulos, areia, silte e argila. Também sem ocorrência de blocos, matacões ou lages (FIGURA 18).

FIGURA 18 - VISTA PARCIAL DO PONTO AMOSTRAL DMSC2 – RIO CAPIVARI.



FONTE: A autora (2016).

DMSC3 - Rio Conceição: Canal entalhado com voçorocamento e entrincheirado. O regime de fluxo é laminar e o sedimento de fundo é composto predominantemente por areia, grânulos e silte (FIGURA 19).

FIGURA 19 - VISTA PARCIAL DOS PONTOS AMOSTRAL DMSC3 – RIO CONCEIÇÃO.



FONTE: A autora (2016).

DMSC 2 – Afluente do Rio Conceição: O canal é levemente meândrico, não entrincheirado e com fluxo laminar. No sedimento de fundo predomina grânulos, areia, silte e argila (FIGURA 20).

FIGURA 20 - VISTA PARCIAL DO PONTO AMOSTRAL DMSC4 – AFLUENTE DO RIO CONCEIÇÃO.



FONTE: A autora (2016).

DMSC 5 - Rio Javacaí: Canal com forte entalhamento, fluxo turbulento e, predominância de seixos e grânulos no sedimento de fundo (FIGURA 21).

FIGURA 21 - VISTA PARCIAL DO PONTO AMOSTRAL DMSC5 – RIO JAVACAÍ.



FONTE: A autora (2016).

DSTC1 - Rio Guaraúna: Canal moderadamente entalhado, com fluxo turbulento e sedimento de fundo com granulometria arenosa (FIGURA 22).

FIGURA 22 - VISTA PARCIAL DO PONTO AMOSTRAL DSTC1 – RIO GUARAÚNA



FONTE: A autora (2016).

DSTC2 - Rio Imbituvinha: Canal meândrico, não entalhado, fluxo lento, não entrincheirado e sedimento composto por areia, silte e argila (FIGURA 23).

FIGURA 23 - VISTA PARCIAL DO PONTO AMOSTRAL DSTC2 – RIO IMBITUVINHA



FONTE: A autora (2016).

DSTC 3 – Arroio Cerro Azul. Canal meândrico, fluxo laminar, não entrincheirado e sedimento composto por de areia, silte e argila. Presença de lages (FIGURA 24).

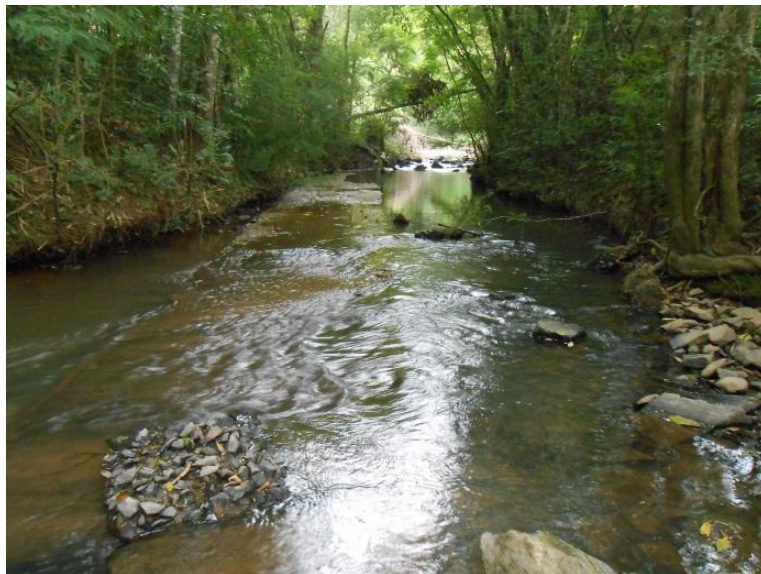
FIGURA 24 - VISTA PARCIAL DO PONTO AMOSTRAL DSTC3 – ARROIO CERRO AZUL.



FONTE: A autora (2016).

DSTC 4 – Rio Despraiado: Canal meândrico, regime de fluxo laminar, não entrincheirado. No trecho amostrado ocorre a presença de blocos e matacões juntamente com sedimento com granulometria de areia, silte e argila (FIGURA 25).

FIGURA 25 - VISTA PARCIAL DO PONTO AMOSTRAL DSCT4 – RIO DESPRAIADO.



FONTE: A autora (2016).

DSTC5 - Rio Barra Grande: Canal moderadamente entalhado, não entrincheirado, com fluxo turbulento e sedimento de fundo predominantemente formado por areia. Presença de blocos (FIGURA 26).

FIGURA 26 – VISTA PARCIAL DO PONTO AMOSTRAL DSTC5 – RIO BARRA GRANDE.



FONTE: A autora (2016).

DMB1 - Rio Furnas: Canal moderadamente entalhado, não entrincheirado, fluxo laminar e granulometria do sedimento predominante constituída por areia. Presença de blocos e matacões (FIGURA 27).

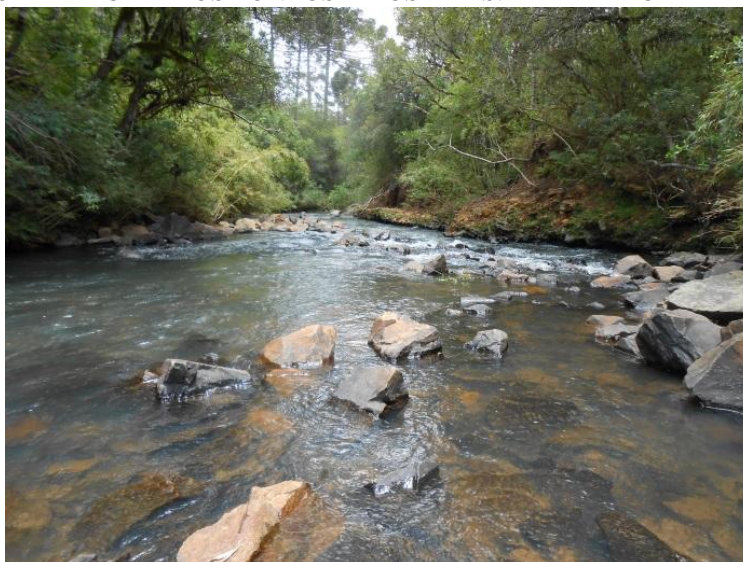
FIGURA 27 – VISTA PARCIAL DO PONTO AMOSTRAL DMB1 – RIO FURNAS.



FONTE: A autora (2016).

DMB2 - Rio Marrequinha: Canal entalhado com voçorocamento, fluxo turbulento, entrincheirado e com predominância de areia, grânulos e silte na composição do sedimento de fundo. Presença de blocos e matacões (FIGURA 28).

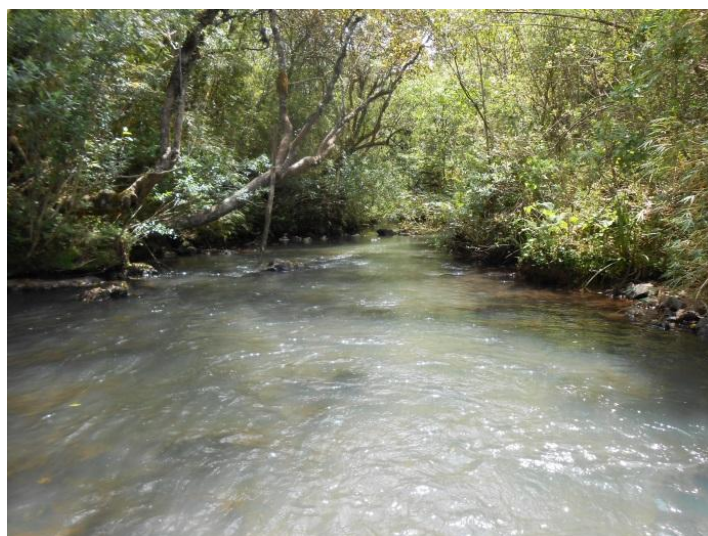
FIGURA 28 - VISTA PARCIAL DOS PONTOS AMOSTRAIS. DMB2 – RIO MAREQUINHA.



FONTE: A autora (2016).

DMB3 - Rio Marrecas: Canal entalhado com voçorocamento, entrincheirado, fluxo laminar, sedimento composto de areia e seixo. Presença de blocos de basalto (FIGURA 29).

FIGURA 29 – VISTA PARCIAL DO PONTO AMOSTRAL DMB3 – RIO MARRECAS.



FONTE: A autora (2016).

DMB4 - Rio São Francisco: Canal entalhado com voçorocamento, fluxo laminar, entrincheirado, sedimento de fundo com predominância de areia e seixo. Presença de blocos (FIGURA 30)

FIGURA 30 – VISTA PARCIAL DO PONTO AMOSTRAL DMB4 – RIO SÃO FRANCISCO



FONTE: A autora (2016).

DMB5 - Rio das Pedras: Canal entalhado com voçorocamento, fluxo turbulento, entrincheirado, predominância blocos e matacões. Presença de areia, grânulos e silte. A TABELA 2 apresenta uma compilação da classificação dos trechos das microbacias com relação as características físicas dos pontos amostrais.

FIGURA 31 – VISTA PARCIAL DO PONTO AMOSTRAL DMB5 – RIO DAS PEDRAS.



FONTE: A autora (2016).

TABELA 2 - CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS DOS PONTOS AMOSTRAIS LOCALIZADOS NO DMSC (DOMÍNIO METASSEDIMENTAR CARBONÁTICO), DSTC (DOMÍNIO SEDIMENTAR TERRÍGENO-CARBONÁTICO) E DMB (DOMÍNIO MAGMÁTICO BÁSICO).

Microbacias	Tipo de canal	Regime Fluxo	Granulometria sedimento	Presença de blocos/matacões/lage	Grau de entrincheiramento
DMSC1	Moderadamente entalhado	Laminar	Areia	Não	Não entrincheirado
DMSC2	Levemente meândrico	Lento	Grânulos, areia, silte e argila	Não	Não entrincheirado
DMSC3	Entalhado		Areia, grânulos e silte	Não	Entrincheirado
DMSC4	Levemente meândrico	Lento	Grânulos, areia, silte e argila	Não	Não entrincheirado
DMSC5		Turbulento	Seixos e grânulos	Não	Entrincheirado
DSTC1	Moderadamente entalhado	Laminar	Areia	Não	Não entrincheirado
DSTC2	Meândrico	Lento	Areia, silte e argila	Não	Não entrincheirado
DSTC3	Meândrico	Laminar	Areia, silte e argila	Lage	Não entrincheirado
DSTC4	Meândrico	Laminar	Seixos, areia, silte e argila	Sim	Não entrincheirado
DSTC5	Moderadamente entalhado	Laminar	Areia	Sim	Não entrincheirado
DMB1	Moderadamente entalhado	Laminar	Areia	Sim	Não entrincheirado
DMB2	Entalhado	turbulento	Areia, grânulos e silte	Sim	Entrincheirado
DMB3	Entalhado	Laminar	Areia e seixo	Sim	Entrincheirado
DMB4	Entalhado	Laminar	Areia e seixo	Sim	Entrincheirado
DMB5	Entalhado	Turbulento	Areia, grânulos e silte	Sim	Entrincheirado

2.3 ASPECTOS EDÁFICOS E EROSIONAIS

Na região do Primeiro Planalto Paranaense onde se encontram os pontos amostrais do Domínio Metasedimentar Carbonático (DMSC) predominam Neossolos Litólicos associados a relevo com alta declividade, e alta vulnerabilidade a movimentos de massa e queda de placas, e Cambissolos com textura argilosa associados a relevo com moderada declividade, moderada vulnerabilidade a processos erosivos, em áreas de afloramentos de quartzitos e filitos. Cambissolos, Argissolos e Latossolos textura argilosa, associados à relevo com baixa declividade, ocorrem associados às rochas carbonáticas, com alta vulnerabilidade a subsidências, colapsos do solo, moderada vulnerabilidade a erosão laminar e linear (MINEROPAR, 2006).

Na região do Segundo Planalto Paranaense onde foram analisadas microbacias assentadas sobre o Domínio Sedimentar, Terrígeno-Carbonático (DSTC) predominam Cambissolos e Latossolos de textura areno-argilosa associados a relevos de baixa declividade, moderada vulnerabilidade a erosão nas unidades geomorfológicas de influência dos rios Guaraúna (DSTC1) e Imbituvinha (DSTC2) que estão inseridos nas Formações Itararé e Irati. Enquanto que, nas áreas dos rios Cerro Azul (DSTC3), Despraiado (DSTC4) e Barra Grande (DSTC5) ocorrem Cambissolos e Argissolos com textura argilosa, associados a relevo com baixa/moderada declividade. Apresentam secundariamente Neossolos e Argissolos textura média, associados a relevo com moderada declividade, com alta vulnerabilidade a erosão em Planaltos Residuais da Formação Irati, Teresina, também com predomínio de moderada vulnerabilidade a erosão, com ocorrência de Argissolos, com textura argilosa e média/argilosa, associados a relevo com baixa declividade (MINEROPAR, 2006).

Na unidade geomorfológica Terceiro Planalto Paranaense onde foram analisadas as microbacias inseridas no Domínio Magmático Básico (DMB) predominam Neossolos Litólicos, com textura argilosa, associados ao relevo com moderada/alta declividade, alta vulnerabilidade a movimentos de massa, queda de blocos e erosão nos planaltos residuais da Formação Serra Geral, especialmente nos Rio Marrequinhas (DMB2), Rio das Pedras (DMB5) e Rio Marrecas (DMB3). Apresentam elevada dissecação vertical, associados a afloramentos rochosos com alta vulnerabilidade a queda de blocos (MINEROPAR, 2006).

Encontram-se, secundariamente, Nitossolos com textura argilosa, associados a relevo com baixa declividade, baixa vulnerabilidade a erosão, Latossolos textura argilosa, associados a relevo com baixa/moderada declividade, secundariamente Cambissolos e Neossolos Litólicos textura argilosa, associados a relevo com moderada declividade, apresentam moderada/alta vulnerabilidade a erosão laminar e linear nos Rio Furnas (DMB1) e São Francisco (DMB4).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento do projeto de pesquisa para compor esta tese seguiu etapas distintas, conforme descrito a seguir.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE USO DO SOLO

Para o levantamento dos tipos de uso do solo foi gerado um polígono, considerando como ponto inicial a localização das nascentes dos cursos d'água avaliados e se estendeu até o ponto de coleta das amostras de água superficial, sedimento e macrofauna bentônica.

A classificação dos tipos de uso do solo foi realizada utilizando o Software ARCGIS 10.3 e imagens do Satélite GeoEye, com resolução espacial de cinco metros. A elaboração dos mapas de uso do solo teve como princípio a aplicação do método de Máximo Verossimilhança (MAXVER), que consiste em uma classificação supervisionada, pontual, baseando-se no valor radiométrico do pixel (CORREIA, 2007).

3.2 COLETA E ANÁLISE DAS AMOSTRAS DE ÁGUA SUPERFICIAL

Em cada microbacia hidrográfica foi obtida uma amostra de água superficial para realização das análises físico-químicas. As amostras foram coletadas em frascos de polietileno para análise dos parâmetros físico-químicos e frascos de vidro para aferição de oxigênio dissolvido. As amostras foram identificadas, refrigeradas e transportadas até o Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas (LPH) da Universidade Federal do Paraná (UFPR) onde foram realizados os procedimentos analíticos. Na TABELA 3 são

apresentados os parâmetros físico-químicos da água, juntamente com o método analítico utilizado e o limite de detecção.

TABELA 3 – PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DA ÁGUA ANALISADOS.

Parâmetros	Método analítico	Limite de detecção
Condutividade	condutivímetro	0,01 uS.cm ⁻¹
pH	potenciométrico	0,01
Alcalinidade CaCO ₃ (mg/L)	titrimetria	0,10 mg L ⁻¹
Bicarbonato HCO ₃ (mg/L)	titrimetria	0,10 mg L ⁻¹
Dureza CaCO ₃ (mg/L)	titrimetria	0,10 mg L ⁻¹
Acidez CaCO ₃ (mg/L)	titrimetria	0,10 mg L ⁻¹
CO ₂ (mg/L)	titrimetria	0,10 mg L ⁻¹
N total (mg/L)	espectrofotometria	0,01 mg L ⁻¹
TDS	gravimétrico	
SiO ₂ (mg/L)	espectrofotometria	0,01 mg L ⁻¹
Cl (mg/L)	titrimetria	0,10 mg L ⁻¹
NO ₃ (mg/L)	espectrofotometria	0,01 mg L ⁻¹
Ca (mg/L)	espectrofotometria de absorção atômica	0,01 mg L ⁻¹
Mg (mg/L)	espectrofotometria de absorção atômica	0,01 mg L ⁻¹
K (mg/L)	espectrofotometria de absorção atômica	0,01 mg L ⁻¹
Fe (mg/L)	espectrofotometria de absorção atômica	0,01 mg L ⁻¹
OD	oxímetro	0,01 mg L ⁻¹
Cor (uH)	espectrofotometria	0,01 uH
Turbidez (UT)	espectrofotometria	0,01 NTU

Legenda: mg/L – miligramas por litro; uS.cm – microsiemens por centímetro; uH – unidade de Hazen; NTU – unidades nefelométricas de turbidez.

Os procedimentos analíticos para os parâmetros físico-químicos da água seguiram o preconizado pela APHA (2012). Uma descrição de cada parâmetro analisado é apresentada a seguir:

a) Potencial hidrogeniônico (pH)

Esta variável é comumente utilizada na avaliação de corpos hídricos. Valores de pH muito ácidos ou muito alcalinos podem estar associados à presença de dejetos domésticos ou industriais. De acordo com as Resoluções do Conama 357/2005 e 274/2000, o pH oscila entre 6,0 e 9,0 em cursos d'água da “Classe 2” e/ou utilizados para balneabilidade.

O pH atua sobre os organismos aquáticos que estão adaptados às condições de neutralidade. As alterações bruscas do pH podem acarretar o desaparecimento de

determinados organismos aquáticos que são mais sensíveis a tais mudanças. Valores fora das faixas recomendadas podem alterar o sabor da água e contribuir para a corrosão do sistema de distribuição, bem como, proporcionar dissolução de ferro, cobre, chumbo, zinco e cádmio nas águas (GERTEL *et al.*, 2003).

b) Turbidez

A turbidez da água é uma variável que expressa a interferência à passagem de luz, através do líquido é causada pela presença de partículas orgânicas e inorgânicas em estado coloidal, em suspensão e outros organismos microscópicos.

O valor para esta variável preconizado pela Resolução do Conama 357/2005 é de 100 UNT. Quando esta variável apresenta médias elevadas em mananciais utilizados para abastecimento público, os custos com o tratamento da água podem ser significativamente maiores.

c) Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) é um dos mais importantes componentes considerados na dinâmica e caracterização dos ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1998). Sua redução drástica em cursos d'água está intimamente relacionada à introdução de matéria orgânica proveniente de esgoto doméstico e/ou industrial (FIORUCCI & FILHO, 2005). Por essa razão, o conhecimento sobre a sua concentração constitui um importante indicador de poluição orgânica dos corpos hídricos. Segundo a Resolução do Conama 357/2005 para cursos d'água enquadrados na “Classe 2” o oxigênio dissolvido, em qualquer amostra, não deve ser inferior a 5 mg/L de O₂.

d) Demanda bioquímica de oxigênio

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) mensura o conteúdo de matéria orgânica na água através do consumo de oxigênio. É uma variável frequentemente utilizada na avaliação dos corpos hídricos. A Resolução do CONAMA 357/2005 estabelece que para os cursos d'água enquadrados na “Classe 2” a DBO não deve ser superior a 5 mg/L.

e) Demanda química de oxigênio

A DQO (demanda química de oxigênio) além de estimar a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria biodegradável, engloba também a estabilidade da matéria orgânica ocorrida por processos químicos (BRIGANTE *et al.*, 2003). Juntamente com a DBO, a DQO também pode ser considerada uma variável indicadora de poluição hídrica (VALENTE *et al.*, 1997), principalmente em meios onde ocorre emissão de efluente industrial (FIORUCCI & FILHO, 2005).

f) Condutividade elétrica

Condutividade é a capacidade de uma solução em conduzir corrente elétrica, considerando sua concentração iônica, principalmente através do conteúdo de nutrientes como Ca, Mg, K, Na, carbonato, sulfato e cloreto (ESTEVES, 1998). Sua determinação em amostras de água oferece importantes informações sobre os ecossistemas aquáticos; por essa razão esta variável tem sido adotada por muitos autores nos estudos sobre qualidade hídrica (CONTE & LEOPOLDO, 2001).

A Resolução do CONAMA 357/2005 não estabelece valores para condutividade elétrica, entretanto, o limite máximo esperado para águas naturais é de $100 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ (BRIGANTE *et al.*, 2003, SANTOS *et al.*, 2007).

g) Alcalinidade

Segundo Branco (1978) o lançamento de esgoto doméstico em cursos d'água aumenta a taxa de oxidação da matéria orgânica, com a consequente formação de compostos mais simples, tais como cálcio, magnésio, potássio, etc. Tal ocorrência pode interferir nos valores de alcalinidade, tornando-a uma importante variável de avaliação hídrica.

h) Sólidos suspensos e dissolvidos

A carga dissolvida dos cursos d'água é transportada em solução química e constitui-se de material intemperizado das rochas. Os sólidos suspensos, por sua vez, são constituídos por detritos orgânicos, plâncton e sedimentos em erosão. Branco (1978) ressalta que todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos. As variáveis mais afetadas pela elevação destes

componentes são: turbidez, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e temperatura (CERETTA, 2004).

Os efeitos dos sólidos em suspensão no ecossistema aquático variam em função, principalmente, da natureza dos sólidos, podendo ocasionar diversos tipos de impactos ambientais negativos como: prejuízo estético, interceptação da penetração da luz na água prejudicando a fotossíntese; efeito direto nas populações de peixes e remoção de oxigênio dissolvido na água quando estes são de natureza orgânica (GERTEL *et al.*, 2003).

A resolução do Conama 357/05 estabelece o valor máximo de 500 mg/L de sólidos dissolvidos para os corpos d'água enquadrados na "Classe 2".

i) Fósforo total

O fósforo é encontrado nos ambientes aquáticos sob diferentes formas (dissolvida, particulada, orgânica e inorgânica), sendo continuamente assimilado pelos vegetais em seus processos metabólicos (ESTEVES, 1998).

Embora este elemento esteja presente em rochas fosfáticas e também nos solos, sua principal fonte de entrada para os cursos d'água é o esgoto doméstico (BRANCO, 1978). De acordo com Tundisi (2003) quantidades exacerbadas de fósforo podem ocasionar o fenômeno conhecido como eutrofização.

j) Nitrogênio total, Nitrato e Nitrogênio Amoniacal

As fontes naturais do nitrogênio para o meio aquático são: chuva, material orgânico e inorgânico de origem alóctone e a fixação do nitrogênio molecular do próprio meio hídrico (ESTEVES, 1998). Artificialmente, os compostos nitrogenados podem ser introduzidos em corpos d'água por meio dos esgotos domésticos (BRANCO, 1978).

Quando encontrado em excesso, o nitrogênio, ao lado fósforo, estimula o fenômeno da eutrofização (TUNDISI, 2003). Por essa razão, o conhecimento sobre a sua concentração em meios hídricos assume importância como indicador de poluição.

O nitrato, resultante do processo de nitrificação, representa uma das formas do nitrogênio em ambiente aquático (ESTEVES, 1998). Segundo Brigante *et al.* (2003) este

composto é um eficiente indicador de poluição. A Resolução do CONAMA 357/2005 diz que os corpos d'água enquadrados na "Classe 2" podem conter no máximo 10 mg/L de nitrato.

O nitrogênio amoniacal engloba as concentrações de amônia e do íon amônio. A amônia é formada durante o processo de decomposição da matéria orgânica dissolvida e particulada; em ambientes com pH de ácido a neutro ela é convertida em íon amônio (ESTEVES, 1998). Sendo assim, a presença de nitrogênio amoniacal no meio aquático sugere decomposição de matéria orgânica, que em excesso pode causar desequilíbrios ambientais.

De acordo com a resolução do Conama 357/2005 a faixa aceitável de nitrogênio amoniacal em corpos d'água da "Classe 2" varia conforme o pH.

k) Dureza total

A dureza da água consiste na soma dos cátions bivalente presentes na sua constituição e expressa em termos da quantidade equivalente de calcita (CaCO_3). Os principais íons metálicos que garantem a dureza da água são alcalino-terrosos, como cálcio e manganês, que quase sempre estão associados a íons sulfato. Outros cátions como ferro, manganês, estrôncio, zinco e alumínio também podem conferir dureza á água. Em menor frequência, os cátions estão associados a nitritos e cloretos.

l) Cálcio (Ca^{+2}) e magnésio (Mg^{+2})

A presença de cálcio na água é o resultado do contato do corpo hídrico com depósito de calcita (CaCO_3), dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) e gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). A solubilidade dos carbonatos é controlada pelo pH e CO_2 dissolvido. O cálcio pode ser encontrado em corpos hídricos em concentrações em torno de 15 mg/L^{-1} .

O magnésio ocorre geralmente nos minerais Magnesita (MgCO_3) e dolomita. Nas águas superficiais é encontrado na concentração de 4 mg/L^{-1} . O Ca^{+2} e o Mg^{+2} são os cátions que mais contribuem para a dureza total da água, seguidos do Ba^{+2} e Sr^{+2} .

m) Sódio (Na^+) e potássio (K^+)

A concentração de sódio nos corpos d' água varia dependendo das condições geológicas do local e da presença de efluentes e geralmente ocorrem em concentrações abaixo de 50mg/L^{-1} , mesmo nos que recebem efluentes.

O potássio é um elemento essencial na nutrição dos seres vivos e sua ocorrência em águas subterrâneas se deve a dissolução mineral de material vegetação em decomposição e escoamento agrícola. É rapidamente assimilado pelas plantas e facilmente incorporado em argilas e por isso não permanecem em solução.

n) Sulfato (SO_4^-)

O enxofre pode se apresentar de diversas formas, tais como sulfato (SO_4^{-2}), sulfito (SO_3^{-2}), sulfeto (S^{-2}), sulfeto de hidrogênio (H_2S), dióxido de enxofre (SO^2), ácido sulfúrico ($\text{H}_2\text{SO}_4^{-2}$), enxofre molecular (S^0) e associado a metais (como FeS). Dentre essas formas, o sulfato e o sulfeto de hidrogênio são as mais frequentes. Nos ambientes aquáticos as principais fontes de enxofre são a decomposição de rochas, chuvas e agricultura devido a aplicação de adubos que contém enxofre. Os sulfatos podem ser dissolvidos dos minerais gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), anidrita (CaSO_4), barita (BaSO_4) entre outros. Em águas naturais altas concentrações de sulfato são mais comuns associadas à presença desses minerais.

o) Cloreto (Cl^-)

O cloreto é o ânion Cl^- que se apresenta nas águas subterrâneas, oriundo da percolação da água através de solos e rochas. Nas águas superficiais, são fontes importantes de cloreto as descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa expele através da urina cerca 4 g de cloreto por dia, que representam cerca de 90 a 95% dos excretos humanos. O cloreto apresenta influência nas características dos ecossistemas aquáticos naturais, por provocarem alterações na pressão osmótica em células de microrganismos.

p) Ferro (Fe^{+2}) e Manganês (Mn^{+2})

Ferro e manganês são elementos que apresentam comportamento químico muito parecido na natureza e em virtude de afinidades geoquímicas quase sempre ocorrem juntos. As fontes de ferro são minerais máficos portadores de Fe: magnetita, biotita, pirita, piroxênios e anfibólios. Não apresentam inconveniente à saúde nas concentrações normalmente encontradas, mas águas com altas concentrações desses metais lhe

conferem coloração amarelada, acarretando sabor amargo e adstringente. O manganês ocorre em concentrações abaixo de $0,2 \text{ mg L}^{-1}$, quase sempre como óxido de manganês bivalente, que se oxida em presença do ar, dando origem a precipitados negros.

3.3 COLETA E ANÁLISE DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO FLUVIAL

Para determinação das características geoquímicas as amostras de sedimento de drenagem foram coletadas manualmente com auxílio de pá plástica no leito dos cursos d'água, em sua porção central, correspondendo aos primeiros cinco centímetros de profundidade, sendo as amostras formadas por várias alíquotas, tomadas num trecho de aproximadamente 10 m ao longo dos rios.

As amostras de sedimento foram conduzidas ao Laboratório de Análise de Minerais e Rochas (LAMIR) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), onde as amostras foram preparadas para aplicação da técnica fluorescência de raios- X (FRX).

Na preparação as amostras coletadas passaram pelo processo de secagem em estufa a 100°C por 24 horas. Posteriormente foram quarteadas para obtenção de quantidade necessária para procedimento de moagem (FIGURA 32 A e B).

FIGURA 32 – A) EQUIPAMENTO UTILIZADO PARA MOAGEM DO SEDIMENTO (PULVERIZADOR). B) SEDIMENTO EM PANELA DE TUNGSTÊNIO, DEPOIS DE PROCESSO DE PULVERIZAÇÃO.

A)



B)



FONTE: A autora (2016).

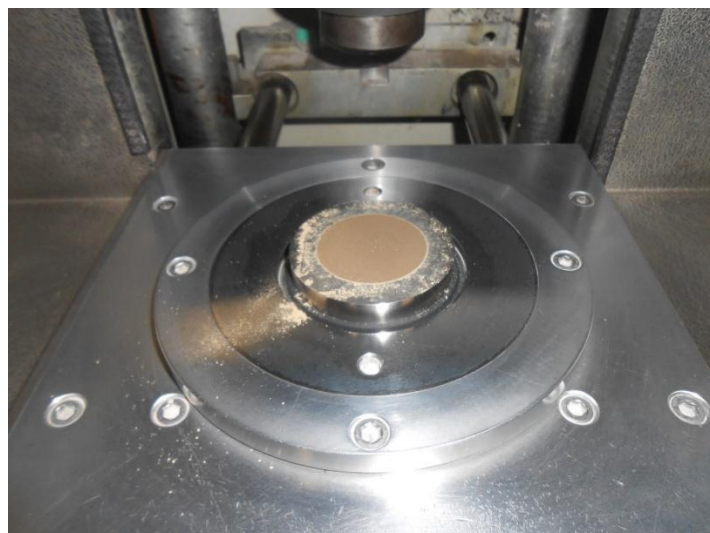
Após a moagem (FIGURA 33A) foram separadas aproximadamente 30g de cada amostra, que permaneceram em estufa por 24 horas para eliminação de umidade. Na sequência foram separadas 7 g de sedimento e adicionado 1 g de parafina, com o objetivo de melhorar a compactação. Para obtenção das pastilhas (FIGURA 33B) as amostras foram prensadas e em seguida, submetidas à análise geoquímica, aplicando a técnica de fluorescência de raios- X (FRX).

FIGURA 33 – A) SEDIMENTO APÓS PROCESSO DE MOAGEM. B) SEDIMENTO EM PRENSA PARA MOLDE DAS PASTILHAS A SEREM UTILIZADAS NA ANÁLISE GEOQUÍMICA FRX.

A)



B)



FONTE: A autora (2016).

A análise FRX baseia-se na produção e detecção de raios-X, radiações eletromagnéticas de alta frequência com comprimento de onda na faixa de 0,003 a 3nm, característicos, produzidos pelo fenômeno fotoelétrico, emitidos pelos elementos constituintes da amostra quando irradiada com elétrons, prótons, raios-X ou gama com energias apropriadas. A radiação eletromagnética incidente interage com a amostra, podendo ocorrer absorção, emissão e espalhamento de radiação eletromagnética (SKOOG *et al.*, 2009). Quando os elétrons da camada mais interna do átomo (por exemplo, K e L) interagem com fótons com energia na região dos raios-X, pode ocorrer a foto ejeção desses elétrons, criando-se uma vacância. Para promover a estabilidade, ocorre imediatamente o preenchimento das vagas eletrônicas por elétrons das camadas mais próximas. Como resultado, há um excesso de energia no processo, que é manifestado na forma de emissão de raios-X característicos de cada átomo presente na amostra (JENKINS, 1999).

3.4 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO FLUVIAL

As análises granulométricas do sedimento fluvial foi realizadas no Laboratório de Estudos Sedimentológicos e Petrologia Sedimentar (LABESED) da UFPR adotando-se métodos específicos para quantificação dos sedimentos finos (silte e argila) e grossos (seixos, grânulos e areia).

3.4.1 Preparação das amostras de sedimento

No laboratório as amostras de sedimento foram submetidas ao processo de secagem inicial, em estufa a 60° C por 24 horas. Em seguida cada amostra foi homogeneizada para realização do quarteramento, do qual foi obtido 100g para a sequência do processo de análise granulométrica.

3.4.2 Quantificação das frações de silte e argila pelo método da sedimentação – Lei de Stokes

Sabendo se que é tecnicamente inviável separar por peneiramento as partículas de dimensões menores que 0,062mm, foi adotado o ensaio de sedimentação previsto no item 2.2.98 da NBR 6502- Set./1995.

Método aplicado:

a) Em uma proveta de 500 ml foi colocada a amostra de sedimento (100g) obtida no processo de quarteamento, adicionado água deionizada até o menisco e 1g de Pirofosfato de Sódio (dispersante) com o objetivo de manter o material fino em suspensão;

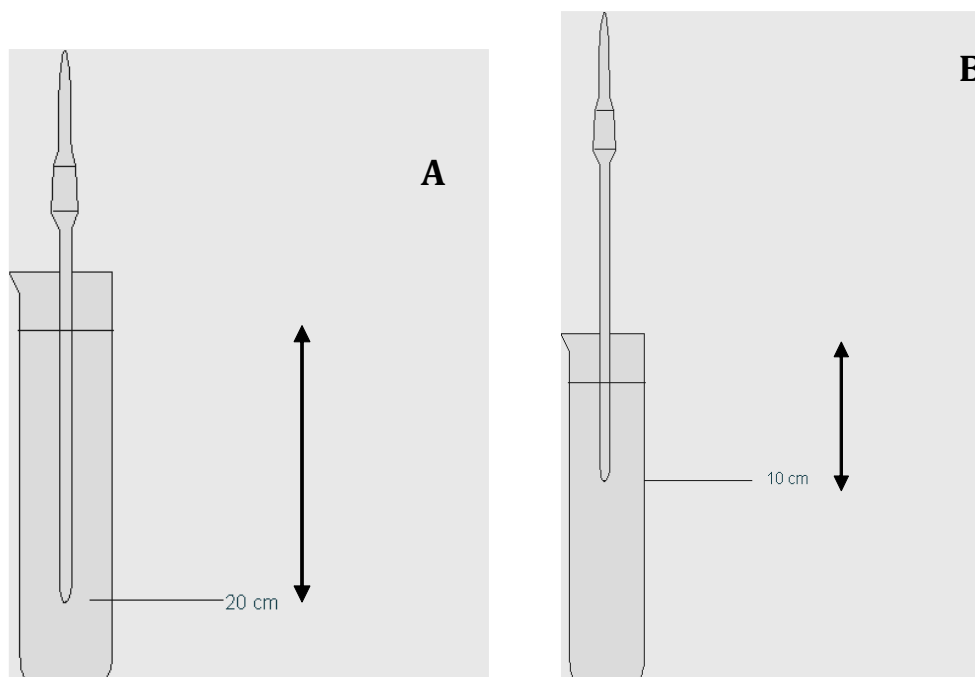
b) O material foi homogeneizado e com o auxílio de uma pipeta volumétrica e cronômetro, foi realizada a coleta das alíquotas nos tempos e profundidades descritos na TABELA 4. A FIGURA 34 ilustra o processo de retirada das alíquotas de sedimento.

TABELA 4 – TEMPO E PROFUNDIDADE PARA OBTEÇÃO DAS ALÍQUOTAS DE SEDIMENTOS FINOS.

Tempo de coleta	Profundidade
58s	20 cm
3min52s	20 cm
7min44s	10 cm
31min	10 cm
2h03 min	10 cm

FONTE: LABSED-UFPR, 2016.

FIGURA 34 – PROCESSO DE RETIRADA DAS ALÍQUOTAS NA PROFUNDIDADE DE 20 CM (A) E 10 CM (B).



FONTE: LABESD-UFPR, 2016.

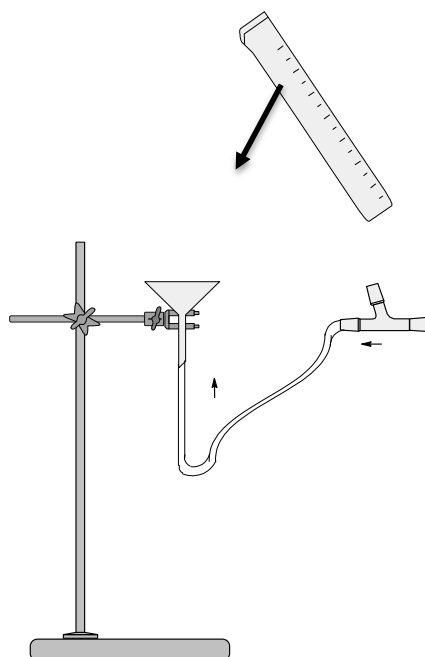
- c) Foram pesados previamente em balança analítica cinco copos Becker de 50ml cada e numerados, nos quais foram depositadas as alíquotas obtidas em cada tempo e profundidade;
- d) O as alíquotas obtidas permaneceram em estufa a 60° por 24h;
- e) Os copos foram pesados e cada fração foi gravimetricamente quantificada.

3.4.3 Quantificação de seixos, grânulos e areia pelo método de peneiramento

Após a coleta das alíquotas de sedimento fino, o material restante na proveta foi submetido ao processo de eliminação de finos, conhecido como elutriação.

O sistema de elutriação consiste em lavagem da amostra através de um fluxo ascendente de água para a remoção das frações de silte e argila que já foram quantificadas no procedimento anterior. Ao término do procedimento deverá restar no funil a fração mais grossa e poderá conter um pouco de finos. A FIGURA 35 ilustra este processo.

FIGURA 35 – PROCESSO DE ELUTRIAÇÃO, REALIZADO PARA RETIRADA DE MATERIAL FINO DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO FLUVIAL.



FONTE: LABESD - UFPR, 2016.

A fração mais grossa obtida foi transferida para um Copo de Becker com Capacidade de 2000 mL, retirando-se o excesso de água e posterior secagem em estufa previamente aquecida a 60 °C.

O material seco foi então peneirado, usando um sistema de agitação tipo RO-TAP, o qual contém conjunto de peneiras cujas aberturas variam de 0,062 mm a 2,00 mm (FIGURA 36).

FIGURA 36 – SISTEMA DE AGITAÇÃO TIPO RO-TAP UTILIZADO PARA O PROCESSO DE SEPARAÇÃO GRANULOMÉTRICA DO SEDIMENTO.



FONTE: LABESD - UFPR, 2016.

Após o processo de separação realizado pelo sistema de agitação, o material retido nas peneira foi pesado e então realizado cálculo da porcentagem de seixos, grânulos e areia.

Na etapa final foi gerada uma planilha granulométrica para cada uma das amostras de sedimento, na qual constam as frações de silte, argila, seixos, grânulos e areia conforme proposto por Suguio (1973).

3.5 CLASSIFICAÇÃO VISUAL DO SUBSTRATO DE FUNDO E REGIME DE FLUXO

As microbacias hidrográficas foram categorizadas em avaliação visual, quanto ao tipo de substrato de fundo (blocos e matacões e tipo de regime de fluxo em Laminar (L) ou Turbulento (T) conforme proposto por Cristofolletti (1981).

3.6 COLETA DA MACROFAUNA BENTÔNICA

Para a coleta da macrofauna bentônica foi utilizada uma rede “*handnet*”, com malha de 500 μ m (0,5 mm) e aplicando a metodologia “*Kick-sampling*”, na qual o coletor é posicionado contra a correnteza e o substrato é removido com o auxílio dos pés, desprendendo desta forma os organismos que são carregados para dentro da rede (FIGURA 37A). O substrato coletado do fundo do rio para amostragem da macrofauna bentônica foi acondicionado em bandeja plástica (FIGURA 37 B) e posteriormente transferido para sacos plásticos, onde foi adicionado álcool 70% para conservação dos organismos. Em laboratório as amostras foram lavadas em peneira de 0,2 mm em água corrente para retirada da matéria orgânica particulada grossa.

FIGURA 37 – A) COLETA DA MACROFAUNA BENTÔNICA. B) MATERIAL FUNDO DO LEITO DO RIO COLETADO PARA AMOSTRAGEM DOS ORGANISMOS BENTÔNICOS.

A)



B)



FONTE: A autora (2016).

3.6.1 Triagem e Identificação dos organismos bentônicos

A triagem do material e a identificação da macrofauna bentônica foi realizada com auxílio de microscópio estereoscópio (FIGURA 38).

Os organismos foram identificados ao nível de família para a classe Insecta e ao nível de classe para os moluscos e anelídeos, utilizando chaves taxonômicas.

FIGURA 38 – PROCESSO DE TRIAGEM E IDENTIFICAÇÃO DOS ORGANISMOS BENTÔNICOS.



FONTE: A autora (2016).

A seguir serão apresentados os capítulos contendo os artigos que fazem parte do produto final desta tese.

CAPÍTULO 1 - RELATIONSHIP BETWEEN GEOLOGICAL DOMAIN AND PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS IN LOTIC SYSTEM

Este artigo segue as normas da revista científica Brazilian Journal of Water Resources disponível em: <http://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&PI=InsSubArt> e foi submetido em 06/06/2016 e aceito em 06/10/2016.

<http://dx.doi.org/10.1590/2318-0331.011716075>

Relationship between geological domain and physicochemical parameters in lotic system

Relação entre domínios geológicos e parâmetros físico-químicos em sistemas lóticos

Sandra Martins Ramos¹, Ana Paula de Melo e Silva Vaz², Donizeti Antonio Giusti¹ and Ernani Francisco da Rosa Filho¹

¹Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil

²Centro Universitário Cesumar, Maringá, PR, Brasil

E-mails: sandramos_bio@yahoo.com.br (SMR), anapaulamsvaz@gmail.com (APMSV), donizeti@ufpr.br (DAG), rosafilhoernani@gmail.com (EFRF)

Received: June 06, 2016 - Revised: August 30, 2016 - Accepted: October 05, 2016

ABSTRACT

In natural conditions, the characteristics of surface water and river sediments are determined by geological formation. These can be changed due to human activities and interfere with maintenance of aquatic biota. Thus, identifying patterns of surface water and sediments in different geological areas can help to detect possible changes in orientation and contribute to decision-making within the maintenance and conservation of aquatic environments. The objective of this research was to identify changes in physical and chemical characteristics of surface water and geochemistry of sediments inserted catchments in three geological areas in Paraná: metasedimentary carbonate domain (MSCD), terrigenous-carbonate sedimentary domain (TCSD) and basic magmatic domain (MBD). The electrical conductivity, alkalinity, hardness, concentration of Ca and Mg in water were higher in MSCD. The concentration of SiO₂ is more representative of the MBD and CO₂ in the TCSD. In PCA, with the results of physico-chemical parameters of water, the first axis explained 99.43% of the variance between the sampling stations. In geochemical analysis of sediment and only Fe₂O₃ CaO showed statistically significant difference (ANOVA = p<0.05). The results suggest that the studied catchments are in good condition and reflect the natural conditions for each geological domain, demonstrating the need for adequacy of law inherent in assessing the quality of surface water. This work can be used as a reference for future studies and monitoring programs of the assessed catchments.

Keywords: Water resources; River sediment; Environmental geology; Geochemistry; Surface water.

RESUMO

Em condições naturais, as características das águas superficiais e dos sedimentos fluviais são determinadas pela formação geológica. Estas podem ser alteradas devido a atividades antrópicas e interferir na manutenção da biota aquática. Assim, identificar padrões das águas superficiais e dos sedimentos em domínios geológicos distintos, pode auxiliar na detecção de possíveis alterações e contribuir na orientação para a tomada de decisões no âmbito da manutenção e conservação dos ambientes aquáticos. O objetivo desta pesquisa foi identificar mudanças nas características físicas e químicas da água superficial e na geoquímica de sedimentos em microbacias inseridas em três domínios geológicos no Paraná: domínio metassedimentar carbonático (DMSC), domínio sedimentar terrígeno-carbonático (DSTC) e domínio magmático básico (DMB). Os parâmetros condutividade elétrica, alcalinidade, dureza, concentração de Ca e de Mg na água foram mais elevados no DMSC. A concentração de SiO₂ foi mais representativa no DMB e de CO₂ no DSTC. Na Análise de Componentes Principais, com os resultados dos parâmetros físico-químicos da água, o primeiro eixo explicou 99,43% da variância entre as estações de amostragem. Na análise geoquímica do sedimento apenas Fe₂O₃ e CaO apresentaram diferença estatística significativa (ANOVA= p<0,05). Os resultados sugerem que as microbacias encontram-se em bom estado de conservação e refletem as condições naturais para cada domínio geológico, demonstrando a necessidade de adequação da legislação inerente a avaliação da qualidade de águas superficiais. Este trabalho pode ser utilizado como referência para estudos futuros e em programas de monitoramento das microbacias avaliadas.

Palavras-chave: Recursos hídricos; Sedimento fluvial; Geologia ambiental; Geoquímica; Águas superficiais.



INTRODUCTION

Lotic aquatic environments are composed of natural hierarchical systems, determined by the geology, geomorphology and climate, in large spatial scale that act in maintaining the heterogeneity of watersheds in smaller scale (MELLES; JONES; SCHMIDT, 2012; LLOYD et al., 2014).

The watersheds are ecosystem units of the landscape that integrate the natural cycles of energy, nutrients and water. The areas of riparian vegetation play a key role in maintaining the hydrological natural processes (NOBREGA et al. 2015). Studies show that human activities change the natural characteristics of aquatic environments in different spatial scales (TU, 2013; MCCLUNEY et al., 2014), interfering with the quality of drainage sediment and the structure of aquatic communities (BURDON; MCINTOSH; HARDING, 2013).

In natural conditions, the physicochemical characteristics of surface water and river sediment are determined by geological formation, which moves with drainage sediments. For Mortatti et al. (2012) the origin of chemical species is related to the geochemical fractions own sediment. However, studies aimed at evaluating the correlation between geology and patterns of physical and chemical parameters of surface water and sediment geochemical signatures are still incipient in Brazil.

The scarcity of studies on this topic is reflected in the national legislation on established standards for physicochemical parameters of surface water. The legislation is general and does not consider the geological heterogeneity, geomorphology and climate occurring in the country, as already pointed out by other studies (RODRIGUES et al., 2015).

Andrade et al. (2009) evaluated geochemical signatures in surface waters of Itacolomi State Park (MG) station to the absence of consideration of geological factors in drafting legislation of water quality. In the state of Paraná geochemical surveys to surface water, soils and river sediments started from 1995 (LICHT; BITTENCOURT, 2014).

In 2001 was published the Geochemical Atlas of Paraná, which is presented data on multielement geochemical survey in the state (LICHT, 2001) where it is possible to identify geochemical signatures derived from geological background or human activities. However, as presented recommendation of that Atlas, the use of geochemical data will depend on further investigations depending on the purpose of the research.

Thus, research on watershed scale showing results in the range of physicochemical parameters of surface water and river sediments in different geological areas are of great importance to assist in identifying the source of chemical compounds present in aquatic environments.

Moreover, the dissemination of scientific data inherent in the conditions of environmental quality watersheds contribute information to environmental agencies and may be useful in decision making on allocation of resources and efforts for the maintenance and conservation of water resources.

In this context, the objective of this research was to identify changes in physical and chemical characteristics of surface water and drainage sediment in watersheds, located in three distinct geological areas in Parana - Brazil.

We hope that the results presented here can be used as reference for future research and monitoring of the environmental quality of the assessed watersheds.

MATERIALS AND METHODS

Study area

The study area is located in southern Brazil, in the state of Parana where, according to Köppen classification, the climate is Cfb - humid temperate climate, mesothermal. The hottest month average temperature is 22 °C and the coldest month below 18 °C. Does not present dry season, summer is mild and frosts are severe and frequent. The sample design was delimited from the watersheds selection distributed in three different geological areas in the state of Paraná, spanning three geomorphological compartmentalization (first, second and third plateau) as illustrated in Figure 1.

For the study were prioritized watersheds that do not have large agricultural areas, urban or industrial, in order to minimize possible changes in physical and chemical characteristics of water and sediment caused by human activities. Sampling was carried out from 25/10 to 02/11/2014. Assessed geological domains were: Metasedimentary Carbonate Domain (MSCD), Terrigenous-carbonate sedimentary domain (TCSD) and Basic magmatic domain (MBD). The nomenclature and geographical location of the sampling stations in each geological domain is presented in Table 1.

Table 1. Identification and location of sampling stations in each of the evaluated geological domains.

Sampling stations	Rivers	City	Geographic coordinates	
MSCD1	Bacaetava	Colombo	S25°13'53"	W49°13'53"
MSCD2	Capivari	Colombo	S25°14'35"	W49°09'09"
MSCD3	Conceição	Campo Magro	S25°18'34"	W49°28'06"
MSCD4	Tributary of Conceição River	Campo Magro	S25°18'35"	W49°28'08"
MSCD5	Javacaí	Campo Magro	S25°19'57"	W49°31'40"
TCSD1	Guaraúna	Palmeira	S25°27'09"	W50°11'05"
TCSD2	Imbituvinha	Irati	S25°27'30"	W50°34'00"
TCSD3	Arroio Cerro Azul	Prudentópolis	S25°17'00"	W0°58'30"
TCSD4	Despraiado	Prudentópolis	S25°16'11"	W51°05'54"
TCSD5	Barra Grande	Prudentópolis	S25°04'56"	W51°10'37"
MBD1	Furnas	Guarapuava	S25°15'03"	W51°31'05"
MBD2	Marrequinha	Guarapuava	S25°11'24"	W51°21'45"
MBD3	Marrecas	Guarapuava	S25°11'04"	W51°21'15"
MBD4	São Francisco	Guarapuava	S25°03'57"	W51°17'54"
MBD5	Das Pedras River	Guarapuava	S25°21'24"	W1°21'37"

Metasedimentary Carbonate Domain (MSCD); Terrigenous-carbonate sedimentary domain (TCSD); and Basic magmatic domain (MBD).

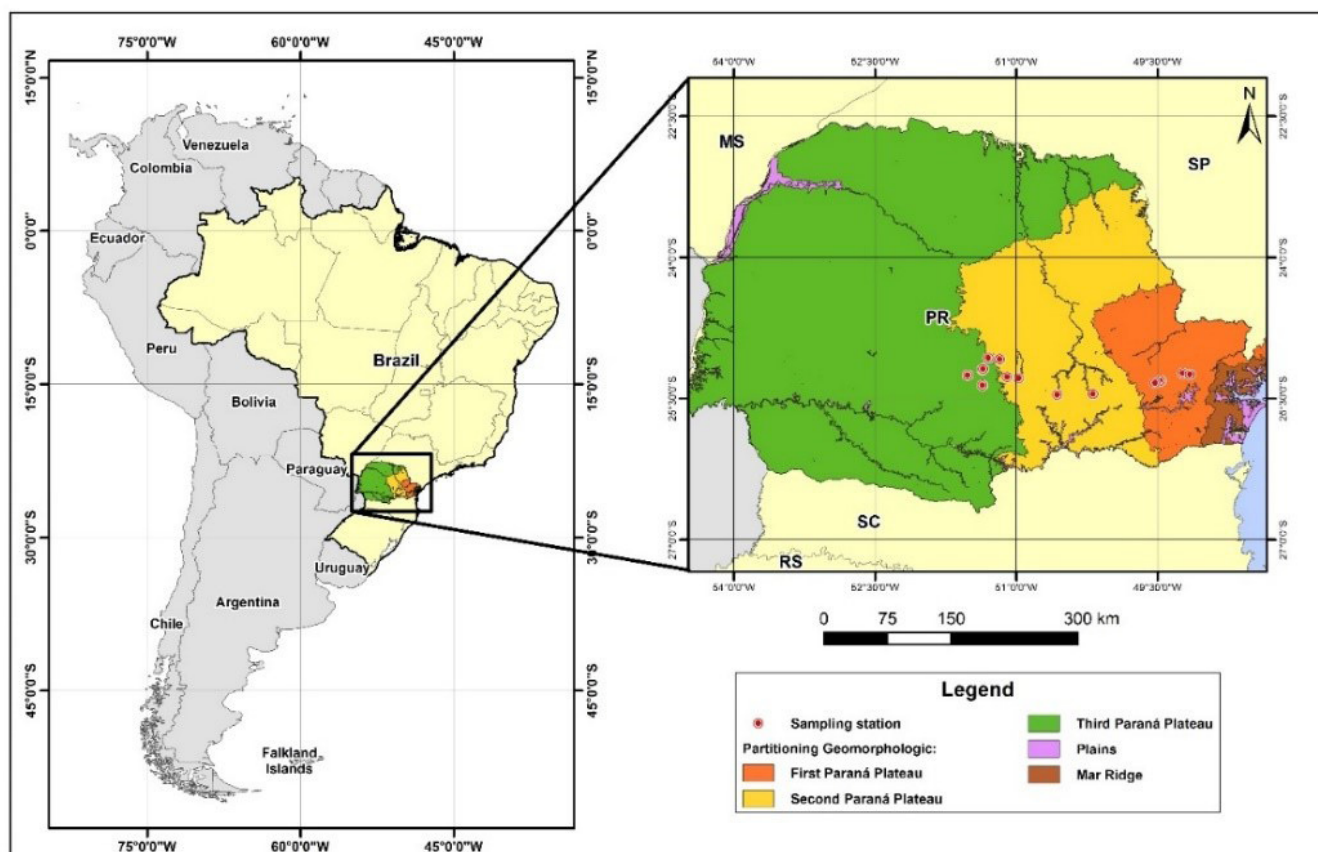


Figure 1. Location map of the study area. Adapted from MINEROPAR (2005).

Characterization of local geology

The metasedimentary carbonate domain (MSCD) is the geological context of the Group Açungui occurrences of carbonate rocks of Capiru formation. These geological formations are located sampling sites of rivers Bacaetava (MSCD1), Capivari (MSCD2) Javacaí (MSCD5), Conceição (MSCD3) and Tributary of Conceição (MSCD4).

The carbonate rocks of Capiru formation are interspersed with phyllites and quartzites (rivers Javacaí and Capivari) and sometimes crossed by diabase dikes, of basic magmatism of Paraná (Conceição River). To Fiori (1993), Capiru formation Precambrian age encompasses all metasediments Açungui Group, including a track with reddish phyllites, with interbedded quartzites not very frequent; one with marble and / or metalimestones and their intercalation of phyllites and quartzites; and another track with switching banks or layers of quartzite, phyllites and marbles, with thicknesses in the range of hundreds of meters (ROSA FILHO; GUARDA, 2008). Phyllites and marbles are generally banded or rhythmic and more homogeneous quartzite.

The areas sampled in terrigenous-carbonate sedimentary domain (TCSD) are part of the second plateau of Paraná, where there are the Paleozoic formations of the Paraná Sedimentary Basin (MINEROPAR, 2005). The areas studied in this field correspond to the Itararé Group and Passa Dois Group (Irati, Teresina and Rio do Rasto formations).

The Itararé Group is the most important glaciation developed in the Permo-Carbonifer (ARAB; PERINOTTO; ASSINE, 2009). This group consists mainly of fine grained sandstones to reddish, whitish and yellowish thick, siltstones, shales and gray rhythmites, varvites, diamictics with stratifications and convolute laminations, parallel, crossed and wavy deposited in glacial environments. For Vesely et al. (2015) sediments of this group correspond to the subglacial sedimentation glacial sea.

The Passa Dois Group of Permo-Triassic age is subdivided into: Irati, Serra Alta, Teresina and Rio do Rasto. In Prudentópolis region, lithologically present rhythmical interbedded siltstones and shales, laminates and thin, changing colors, light gray, dark gray and reddish tones. The Irati Formation documents the evolution of the Paraná watershed: an effective restriction on water circulation and under such conditions. Accumulated up carbonates and evaporates in the northern portion, and bituminous shales in the southern portion of bowl, similar to Irati region. The sedimentary succession, follows the Serra Alta Formation a package of dark gray shales finely rolled, clay decanting product in a marine context of low energy and facies fine silicates at the top of Irati training (Warren et al., 2008).

Dominantly pelitic deposits with sedimentary structures linked to tidal action represent the Teresina Formation, giving rise to a progradational complex “redbeds” including deltaic lobes, lacustrine pelites, aeolic and fluvial deposits of Rasto River formation that is distinguished from the Passa Dois Group due

to higher arenitic character of its composition in transition to the desert-like system of training Pirambóia (Warren et al., 2008).

The areas sampled in basic magmatic domain (MBD) are part of the São Bento Group inserted in the Serra Geral Formation of Cretaceous age (Milani et al., 1994) which is represented by a thick sequence of continental basaltic lavas with chemical and textural important variations, resulting from a more bulky volcanic processes continents.

In the areas studied in this field, the predominant rocks are basic effusive of tholeiitic character, generically known as basalts, may or may not occur acidic volcanic rocks consisting of rhyodacites, rhyolites and andesites. The magmatism has thickness of up to 2,000 m represented by basic nature spills. (Reis et al., 2014).

In addition to this main pattern, you can find: compact basalt with thick drusen and siliceous fillers, such as agate and rock crystal; and compact basalt with thin druse of calcite and heulandita; diabases interstitials, diabase-porfiritos or augite-porfiritos and tholeiites.

Land use

For the classification of types of land use and calculation of the size of the areas was used ArcGIS software 10.3 and GeoEye Satellite images with a spatial resolution of five meters. The Maximum Likelihood method was applied consisting of a supervised, punctual classification, based on the radiometric value of the pixel, which has to be determined through samples, object information to be classified (Correia et al., 2007).

Surface water samples

In each domain were selected five watersheds, totaling 15 sampling stations which were held collections of surface water sample, drainage sediment. Samples of surface water were collected directly into watercourses identified, preserved in ice and transported to the Hydrogeological Research Laboratory of the Federal University of Paraná which were carried out the following analysis method recommended by APHA (2012). The parameters analyzed were: color, turbidity, total hardness (CaCO_3), total solids dissolved (TDS), total nitrogen (N), nitrate (NO_3), calcium (Ca), magnesium (Mg), sodium (Na), potassium (K), chloride (Cl) and iron (Fe). With METTLER TOLEDO mark equipment at the time of collection were measured the following parameters: pH (MP120 pH meter), electrical conductivity (MC126 Conductivity Meter), dissolved oxygen (MO128 Dissolved Oxygen Meter), air temperature and water temperature.

Drainage sediment samples

To determine the geochemical characteristics of the drainage sediment samples were obtained manually with plastic shovel aid in its central portion bed of the watercourses, corresponding to the first five centimeters deep, and the samples, which consist of several aliquots taken a stretch of about 10 m along the rivers. Sediment samples were taken to the Minerals and Rocks Analysis

Laboratory of the Federal University of Paraná, which were prepared for application of the technique of fluorescence X-rays (XRF). In preparing, the samples passed through the drying process in oven at 100 °C for 24 hours. Subsequently it was quartered to obtain required amount for crushing procedure. After milling were separated approximately 30 g of each sample, which remained in a greenhouse for 24 hours to humidity elimination. Following separated 7 g of sediment and added to 1 g of paraffin in order to improve compaction. To obtain the samples tablets were pressed and then subjected to geochemical analysis.

Statistical methods

Statistical analysis of data was performed in the Past software v 3.07. The result of physicochemical parameters of water were subjected to Principal Component Analysis (PCA) in order to identify the variation between the geological domains studied. The principal component analysis is a statistical method, multivariate of transforming a set of original variables in another set of the same size variables called principal components (LATTIN et al., 2011). This analysis is widely known and used for processing data on quality of surface water (YIDANA; OPHORI; BANOENG-YAKUBO, 2008; JIANG-QI et al., 2013; TORRES; LEMOS; MAGALHÃES JUNIOR, 2016).

To assess differences in the values of the physicochemical parameters of samples of surface water and geochemistry of sediment samples and drainage between the geological domains assessed, was used one-way ANOVA test at 95% significance level.

The analysis of variance (ANOVA) tests the hypothesis that the mean of two or more populations are equal and can be used to compare quality water between sampling station (LLOYD et al., 2014; BU et al., 2014).

Cluster analysis (*Ward's method*) was applied to test the similarity between the sampled sites. For hydrogeochemical classification of surface water samples was used Diagrammes software v. 6.48.

RESULTS AND DISCUSSION

The result of the type of land use survey showed that, overall, the watersheds studied have low degree of human disturbance. As can be seen from Figure 2 the percentage of

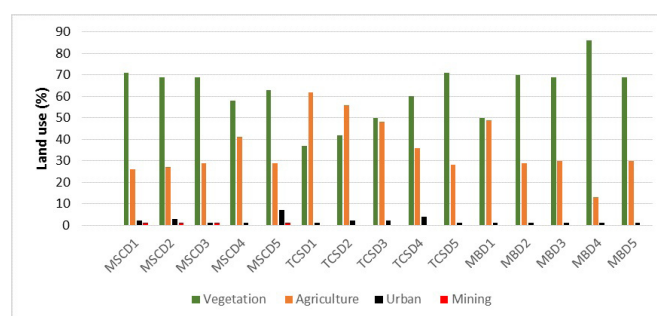


Figure 2. Percentage of each type of land use identified in the watershed study. Metasedimentary carbonate domain (MSCD), Terrigenous-carbonate sedimentary domain (TCSD) and Basic magmatic domain (MBD).

area with vegetation is predominant (between 37% to 86%). The area occupied by agriculture ranged from 13% (MBD4) to 62% (TCSD1) and the watershed more urbanized area (7%) was recorded in the field metasedimentary carbonate (MSCD1). Areas occupied by mining activity were found only in MSCD and did not exceed 1% of the area of the watershed.

We analyzed 20 physical and chemical parameters of surface water. The results are shown in Table 2 with the maximum concentrations permitted by Brazilian law. The water and air temperatures do not presented significant difference between the assessed stations. The water temperature varied between 21.2 °C and 23.8 °C, while the air temperature varied between 23.6 ° and 25.6 °. These values are normal for the season that the samples were taken (spring).

The amounts recorded for the parameters color and turbidity of the water had to be lower than the maximum allowed by law. According to CONAMA resolution 357/2005 (BRASIL, 2005) the value to the true color in Class 2 waters, shall not exceed 75 mg P/L⁻¹ and turbidity maximum value allowed is 100 UNT.

The pH presented in the general basic, ranging from 7.58 to 8.09 in the field metasedimentary carbonate domain (MSCD), from 6.56 to 6.88 in the terrigenous- carbonate sedimentary domain (TCSD) and from 7.11 to 7.46 in basic magmatic domain (MBD). These values are within the standard set by CONAMA Resolution 357/2005 for Class 2 water (6 to 9) (BRASIL, 2005).

The higher values for pH were recorded in MSCD1 (river Bacaetava) and MSCD2 located in Capivari (7.81 and 8.09 respectively). Fritzsons et al. (2009) says that to evaluate the characteristics of surface waters of these rivers, warn that the high values of pH may be related to the limestone mining activities in these watersheds and highlight the existence of pumping water from the pits deposits, the river bed Bacaetava. But in this case, as seen in the survey of land use in the watersheds are limestone-mining activity downstream of the stations (MSCD1 and MSCD2) and shows that the results are related to geological domain.

The pH in the terrigenous-sedimentary domain (TCSD) had intermediate values that reflect the mineralogical characteristics of rich sedimentary formations in clay minerals, bituminous shales and limestone lenses. Similar values for pH were recorded by Batista and Gastmans (2015) in Paleozoic formations in the watershed of Alto Jacaré, São Paulo – Brazil.

In the MBD the pH ranged from 7.11 to 7.46 demonstrating a basic character and standard for surface water to leach basaltic rocks. At this station the pH values suggests that the mineralogical composition of basalts these watersheds is similar between them.

The electrical conductivity and the concentration of total dissolved solids was higher metasedimentary carbonate domain and showed high correlation. Batista and Gastmans (2015) also recorded similar results for these parameters in a study conducted in the central portion of the State of São Paulo where there are basaltic rocks of the Serra Geral Formation and derivative clastic sediments of Botucatu and Pirambóia.

The concentration of calcium (Ca) and magnesium (Mg) was higher in the stations sampled in MSCD and showed a statistically significant difference between the assessed geological domains ($p < 0.01$) as shown in Figure 3. This result is due to the fact that the provision of Ca and Mg ions is greater in carbonate rocks,

giving a higher electrical conductivity, in contrast with terrigenous domains whose silica dioxide (SiO₂) concentration is increased and consequently the electric conductivity is smaller.

In general, the concentration of SiO₂ in water was higher in MBD (on average 17.70 mg.L⁻¹), with the exception of MSCD4 station that among the stations sampled in the field metasedimentary carbonate, showed the highest concentration of this compound (17.10 mg.L⁻¹). This result is due to the fact that this watercourse has its source in phyllites and quartzites. Similar values for silica were found by Silva et al. (2011) analyzed Itaquí

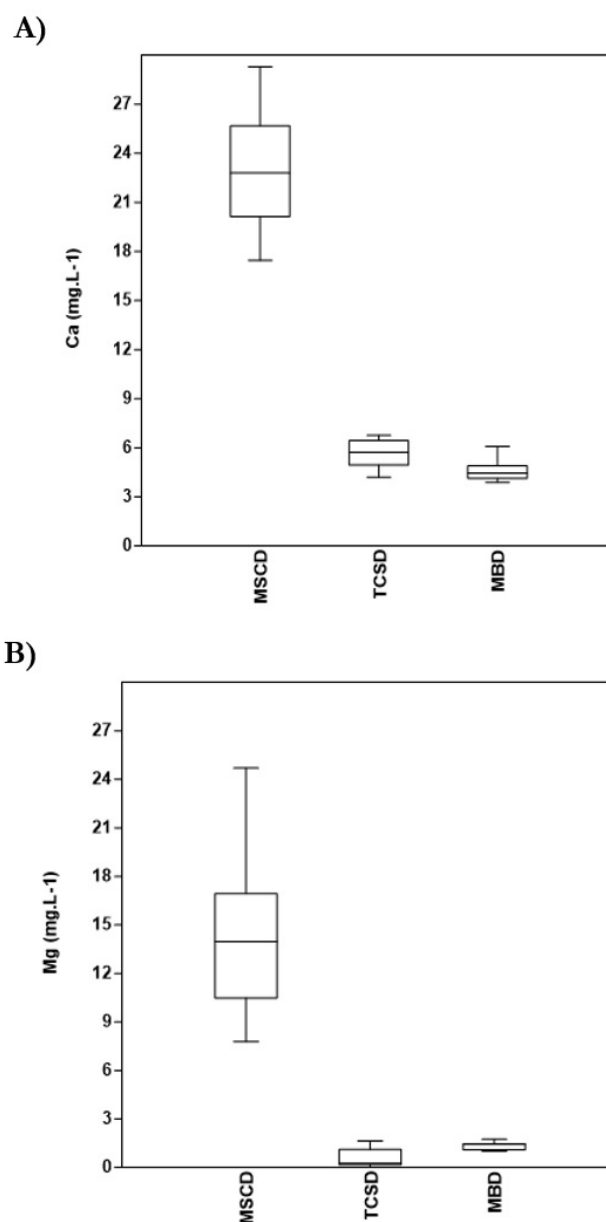


Figure 3. Graphs of the concentration of Ca graphs (A) and Mg (B) in mg.L⁻¹ recorded in Metasedimentary carbonate domain (MSCD), Terrigenous-carbonate sedimentary domain (TCSD) and Basic magmatic domain (MBD). The box is the quartile 25-75%, the median is shown with a horizontal line in the box, and the maximum and minimum values are represented in the short horizontal lines.

Table 2. Analytical results of samples of surface water and allowed maximums value (AMV) by Resolution CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) for waters of Classe 2.

Station	MSCD1	MSCD2	MSCD3	MSCD4	MSCD5	TCSD1	TCSD2	TCSD3	TCSD4	TCSD5	MBD1	MBD2	MBD3	MBD4	MBD5	AMV
Conductivity (μS)	283.00	181.07	133.03	209.00	149.00	52.00	71.00	52.00	48.00	53.00	37.00	48.00	46.00	41.00	56.00	-
pH	8.09	7.81	7.69	7.67	7.58	6.56	6.85	6.88	6.65	7.38	7.11	7.38	7.46	7.34	7.25	6 - 9
Alkalinity	138.6	83.60	60.60	96.70	69.10	13.70	17.40	16.40	15.90	20.40	12.30	19.29	16.90	15.20	17.50	-
Bicarbonate (mg.L^{-1})	169.09	101.99	73.93	117.97	84.30	16.71	21.23	20.01	19.40	24.89	15.01	23.42	20.62	18.54	21.35	-
Hardness	172.16	112.66	85.34	131.77	80.88	16.43	20.69	14.85	12.18	17.62	14.16	19.31	18.02	15.35	17.92	-
Acidity CaCO_3	0.00	3.91	2.44	4.00	3.12	8.70	10.75	8.89	11.34	6.94	5.05	4.59	5.77	5.67	4.30	-
Organic carbon (mg.L^{-1})	0.00	3.44	2.15	3.52	2.75	7.65	9.46	7.83	9.98	6.11	4.47	4.04	5.07	4.99	3.78	-
Total nitrogen (mg.L^{-1})	0.59	0.38	0.10	0.11	0.21	0.57	0.68	0.40	0.23	0.21	0.15	0.25	0.17	0.14	0.63	1.0
Nitrate (mg.L^{-1})	1.68	1.15	0.31	0.44	0.80	2.52	2.61	1.02	0.49	0.44	0.66	0.57	0.66	0.49	0.12	10
Total dissolved solids (mg.L^{-1})	184.00	118.00	86.00	136.00	97.00	33.00	46.00	34.00	31.00	35.00	24.00	31.00	30.00	26.00	36.00	500
Silica dioxide (mg.L^{-1})	7.02	5.61	9.46	17.01	8.97	11.27	12.88	12.97	13.40	13.43	10.52	16.88	30.16	16.49	14.44	-
Chloride (mg.L^{-1})	2.31	0.72	0.77	0.82	1.18	2.32	3.77	1.08	0.93	1.03	1.19	1.24	1.19	1.08	1.50	250
Calcium (mg.L^{-1})	29.28	22.8	17.46	25.68	20.13	6.44	5.71	4.21	4.94	6.76	4.13	6.08	4.46	3.89	4.90	-
Magnesium (mg.L^{-1})	24.7	13.98	10.48	16.94	7.78	0.17	1.65	1.12	0.02	0.27	1.00	1.09	1.75	1.43	1.46	-
Potassium (mg.L^{-1})	1.45	2.11	2.38	2.68	2.79	2.12	2.54	2.75	2.33	1.39	0.88	0.97	0.98	0.88	2.42	-
Iron (mg.L^{-1})	0.18	0.36	1.06	0.99	1.70	0.49	0.52	0.46	0.54	0.26	0.72	0.56	0.44	0.55	2.42	5
Dissolved oxygen (mg.L^{-1})	7.30	6.80	7.10	6.70	6.30	7.20	6.40	6.80	4.20	5.60	6.40	5.80	7.60	5.60	7.60	>0.5
Color (uH)	1.30	2.50	10.10	6.70	8.70	2.00	3.60	3.00	2.80	1.00	3.90	2.70	2.10	2.70	2.70	75
Turbidity (UT)	4.00	9.00	47.00	28.00	37.00	7.00	21.00	14.00	10.00	4.00	14.00	13.00	9.00	11.00	12.00	100
Water temperature ($^{\circ}\text{C}$)	22.40	23.30	21.90	22.10	22.30	21.80	23.40	22.80	21.70	22.90	23.20	22.70	21.40	23.80	21.20	-
Air temperature ($^{\circ}\text{C}$)	24.90	25.10	24.30	24.50	24.70	24.20	25.30	25.20	24.60	24.80	25.60	24.50	23.60	25.40	23.90	-

Metasedimentary carbonate domain (MSCD); Terrigenous-carbonate sedimentary domain (TCSD) and Basic magmatic domain (MBD); - Brazilian law does not appear maximum allowed value.

river water, in the region of Bateias where the geology is similar to that found in MSCD4 station. The highest concentration of SiO_2 MBD whether the presence of iron and magnesium oxides and feldspathic silicates.

The alkalinity, hardness, and bicarbonate (HCO_3^-) were also higher in MSCD and statistically different ($p < 0.01$), which shows a direct relationship with the dissolution of calcite (CaCO_3) and dolomite [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$] present in rocks of this area.

Regarding the concentration of CO_2 in the water TCSD showed higher values than the others (Figure 4) and showed a statistically significant difference ($p < 0.01$). This is probably the bituminous shales leaching process present in the watersheds of this geological domain.

The concentration of potassium (K) was low in all the sampled stations (average 1.91 mg.L^{-1}), with the highest values recorded in MSCD due to intercalation of argillaceous metasedimentary rocks with limestones that release potassium some clay minerals. Characteristic similarly occurs in the TCSD where the presence of potassium is due to leaching of clay minerals. Found statistically significant differences ($p < 0.05$) for the potassium concentration of the geological domains evaluated, and the lowest concentrations were recorded in the MBD that had an average concentration of 1.22 mg.L^{-1} . The Brazilian law does not appear maximum allowed value for potassium concentration in surface waters. However, the concentration of this element, recorded in this study can be considered normal. Surface water potassium concentration typically range from 1 to 3 mg.L^{-1} (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

The concentration of iron (Fe) was not very significant in the sampled stations, even in the MBD where it expected a higher content of this element due to the presence of basalt, except in the MBD5 (Das Pedras River) where the value was significantly higher than the others. In MSCD5 station presented amount of Fe above average for the area sedimentary carbonate. This is due to the likely occurrence of diabase dike in the headwaters of the river Javacá (RAMOS et al., 2015). According Manasses et al. (2011) lower Fe concentrations in the water can be attributed to the fact that only part of this compound is solubilized, the rest remains in the clay minerals.

The presence of nitrate (NO_3^-), total nitrogen (TN) and chloride (Cl^-) was also low in all sampling stations shown that no indications of changes in water quality due to anthropogenic activities, otherwise the results would be higher, if it happens its related to increase of organic matter. The values for these parameters are below the maximum values established. For surface water the national law provides that the maximum concentration should be 10 mg L^{-1} for NO_3^- , 1 mg L^{-1} and for total nitrogen 250 mg L^{-1} (BRASIL, 2005).

The concentration of Dissolved Oxygen (DO) was within the standards stipulated for Class 2 waters in most stations. According to Resolution CONAMA 357 (BRASIL, 2005) the minimum value for DO, aimed at protecting the aquatic fauna is 5 mg.L^{-1} . Except of TCSD4 station presented DO was 4.2 mg.L^{-1} . The value for this parameter ranged from 5.6 to 7.6 mg.L^{-1} .

In Principal Component Analysis (PCA) performed with the results of physicochemical parameters of water, the first axis explained 99.43% of the variance between sampling stations (Figure 5). Analysis of variance with eigenvalues obtained in the

first axis of the PCA indicated statistically significant differences between the evaluated geological domains ($p < 0.05$).

In geochemical analysis of pellet drainage were identified seven compounds (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , MgO , TiO_2 , CaO). The SiO_2 compound was more representative in sediment samples

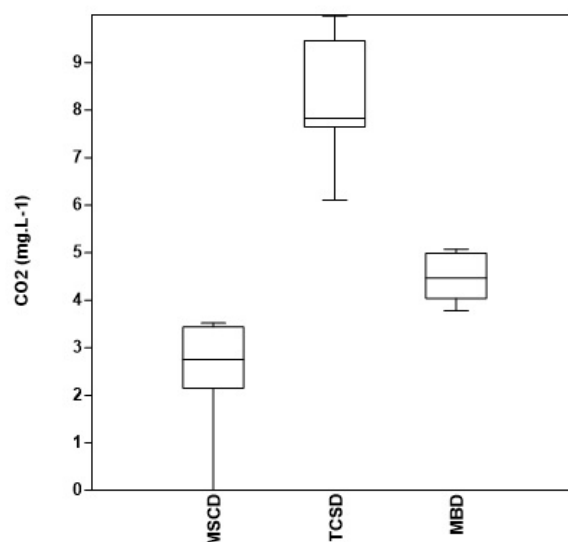


Figure 4. Graphs of CO_2 concentration (mg.L^{-1}) in water recorded in Metasedimentary carbonate domain (MSCD), Terrigenous-carbonate sedimentary domain (TCSD) and Basic magmatic domain (MBD). The box is the quartile 25-75%, the median is shown with a horizontal line in the box, and the maximum and minimum values are represented in the short horizontal lines.

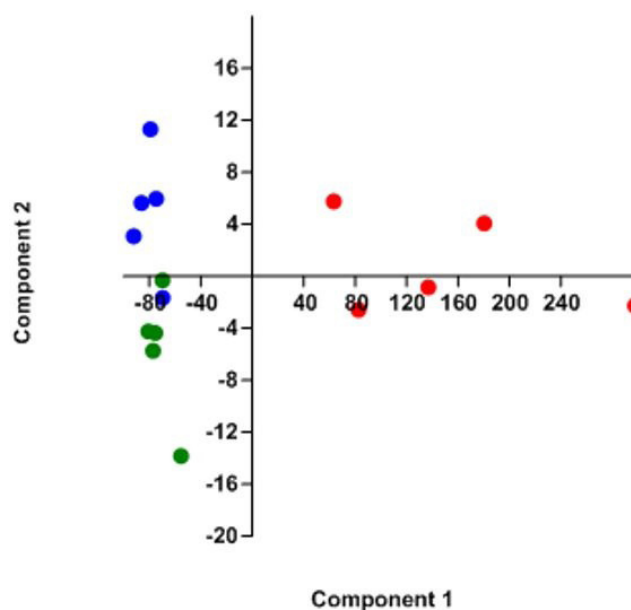


Figure 5. Principal Component Analysis carried out with the analytical results of the surface water samples. The blue dots refer to the areas sampled in the MBD; red dots MSCD and green dots TCSD.

collected in TCSD and MSCD and showed statistically significant difference ($p < 0.05$) when compared with MBD that had the lowest concentrations (Figure 6A). This result corroborates the study Licht and Bittencourt (2014) that station to a lower concentration of SiO_2 in basaltic rocks of the Serra Geral formation.

The quantity of K_2O is more representative in TCSD due to the presence of clay minerals, while the MgO and CaO compounds showed a higher concentration in the related MSCD

dissolution of carbonates. However only CaO showed a significant statistical difference between the domains (Figure 6B).

With respect to Al_2O_3 compound, the concentrations found in sediment samples can be considered normal for these geological domains (Figure 7). It is expected that the concentration of this compound in river sediment, under natural conditions, range from 5% to 15% in most geological domains, except metasediments carbonate (LICHT, 2001). This study found positive anomalies in the concentration of this compound in two sampling points in basic magmatic domain (MBD2 = 19.4%; MBD5 = 30.55%) which can be explained by the presence of intermediate magmatic rocks where there is leaching of mineral feldspar. In the case of terrigenous-carbonate sedimentary area, the positive anomaly was in TCSD2 (18.3%) which is due to high clay minerals present in shales and siltstones that make up the rock formations of this area.

The Fe_2O_3 and TiO_2 compounds were more representative in MBD. As can be seen in Figure 8A the average concentration in the sediment Fe_2O_3 of sampled stations in the MBD exceeded 27%, while in other areas not reached 5%. This compound showed significant statistical difference for MBD (ANOVA $p < 0.01$). The average concentration of TiO_2 in the river sediment varies between 0.68 (%) in TCSD 2.08 (%) in the MDB (Figure 8B). This results refer to the chemism of basic magmatism of the Parana watershed in Guarapuava region (LICHT; BITTENCOURT, 2014)

The results of the geochemical analysis of river sediment explain the processes hydrogeochemicals adsorption and removal compounds such as Fe_2O_3 , TiO_2 , SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , MgO and CaO . Also it shows that the assessed watershed not suffer significant anthropogenic changes, since the sediments reflect the mineralogy of geological areas where they are located.

The applicability of geochemical analysis of river sediment to identify the source of chemical compounds is evidenced by other studies. Soares et al. (2004) studied the sediment geochemistry in Salso Creek, located in Porto Alegre (Rio Grande do Sul) and identified enrichment of Cu, Ni and Zn and the results given to domestic sewage discharge. On the other hand, the presence of high concentrations of fluoride in watersheds located in the region of Cerro Azul and Adrianópolis (Paraná) was identified as

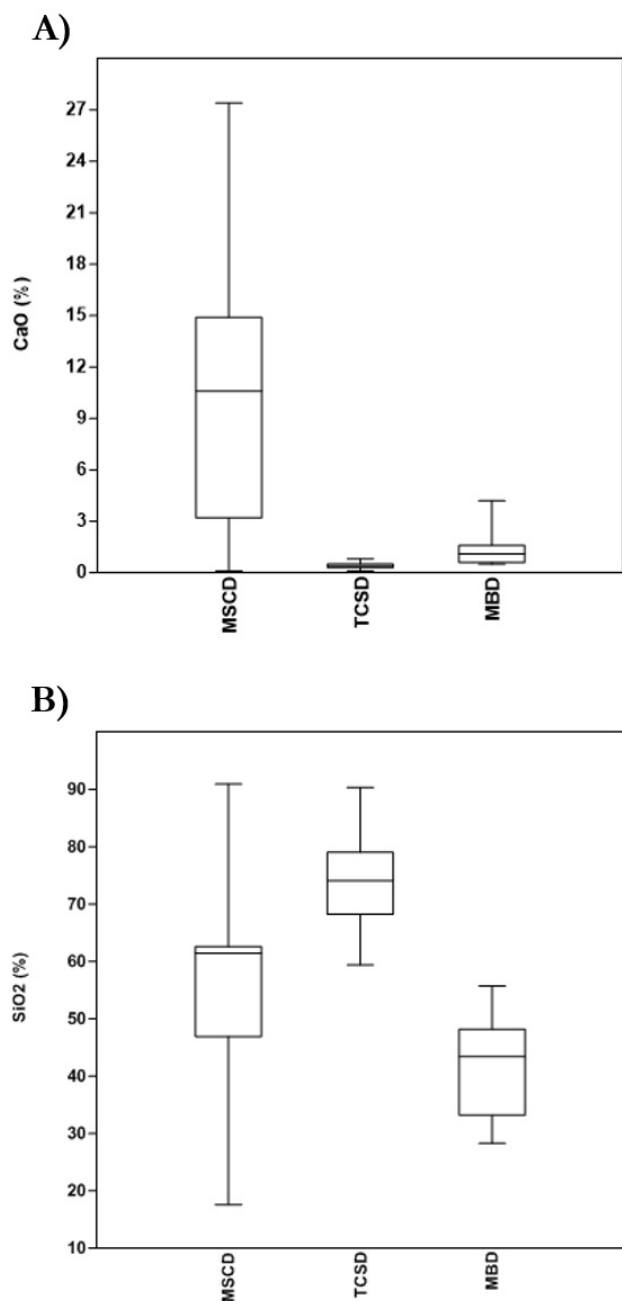


Figure 6. Concentration (%) of SiO_2 (A) and of CaO (B) in the river sediment recorded in Metasedimentary carbonate domain (MSCD), Terrigenous-carbonate sedimentary domain (TCSD) and Basic magmatic domain (MBD). The box is the quartile 25-75%, the median is shown with a horizontal line in the box, and the maximum and minimum values are represented in the short horizontal lines.

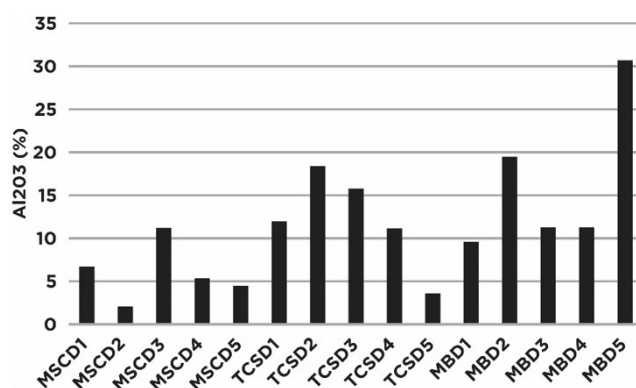


Figure 7. Concentration (%) Aluminum oxide (Al_2O_3), recorded in the fluvial sediment samples. Metasedimentary carbonate domain (MSCD), Terrigenous-carbonate sedimentary domain (TCSD) and Basic magmatic domain (MBD).

a product of the mineralogical composition of the rocks in the region (ANDREAZZI; FIGUEIREDO; LICHT, 2006).

The result of cluster analysis showed similar behavior to that obtained in the principal component analysis, performed only with the physicochemical water variables, demonstrated surface water and drainage sediment are different geological domains studied. The cluster analysis with the results of physicochemical parameters of water and sediment geochemistry generated

dendrogram with two large groups, one formed by the sampling stations of MSCD and the other with the sampled stations in TCSD and MBD (Figure 9).

The hydrogeochemical assessment classified the surface waters as calcium or magnesium bicarbonates, as shown in the piper diagram (Figure 10). This result demonstrates a direct relationship with the mineralogical occurrence (calcite, dolomite and plagioclase) present in the rocks of the studied geological domains. With the

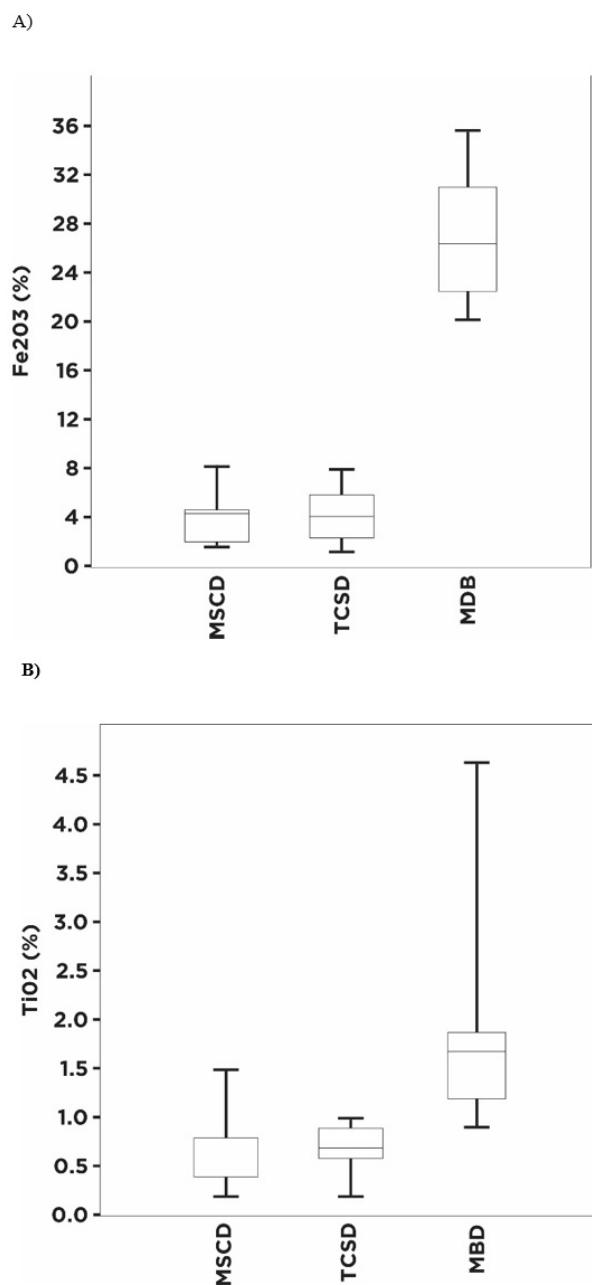


Figure 8. Concentration (%) of Fe₂O₃ (A) and of TiO₂ (B) in the river sediment recorded in Metasedimentary carbonate domain (MSCD), Terrigenous-carbonate sedimentary domain (TCSD) and Basic magmatic domain (MBD). The box is the quartile 25-75%, the median is shown with a horizontal line in the box, and the maximum and minimum values are represented in the short horizontal lines.

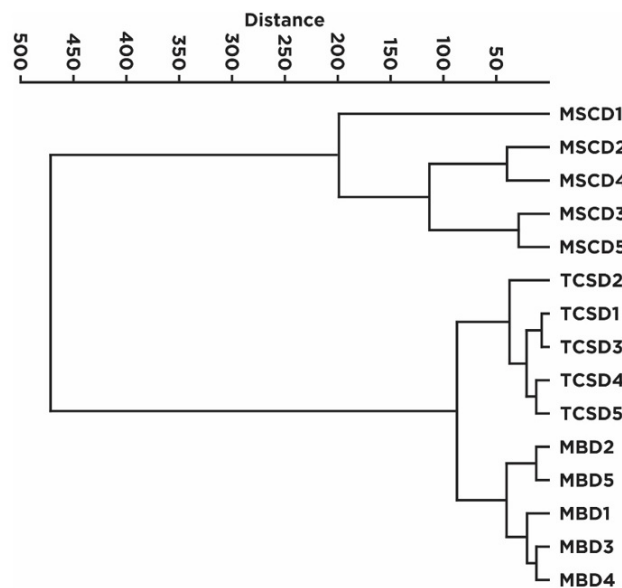


Figure 9. Dendrogram obtained in the cluster analysis with analytical results of samples of surface water and drainage sediment. Metasedimentary carbonate domain (MSCD), Terrigenous-carbonate sedimentary domain (TCSD) and Basic magmatic domain (MBD).

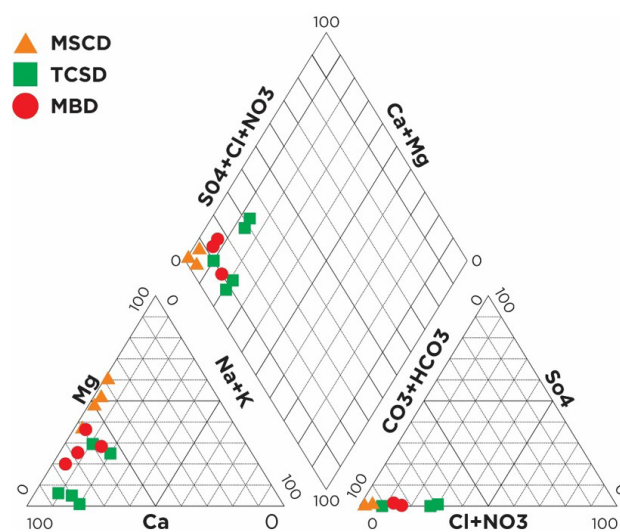


Figure 10. Piper diagram obtained from hydrogeochemistry evaluation with analytical results of surface water samples. The red dots refer to the stations sampled domain metasedimentary carbonate (MSCD); the green stations terrigenous-carbonate sedimentary domain (TCSD) and the blue dots, magmatic basic domain (MBD).

exception of two stations located in Metasedimentary Carbonate Domain (MSCD) that classified as mixed bicarbonate, reflecting a concentration of carbonate minerals and clay minerals, because probably the intercalated limestones and phyllites.

The predominance of calcium and magnesium cations, and bicarbonate anion recorded in this study, was also found by Silva et al. (2011) in the waters of the basin of the Itaquí river, located near the stations sampled. The authors attributed this finding to the presence of carbonate rocks at Capiru formation, which also occur in the stations sampled in MSCD.

The stations analyzed in the Basic Magmatic Domain (MBD) have geology similar to found in the sub-basin of the Rio Jacaré-Pepira - SP, that is, basaltic rocks of the Serra Geral Formation, where the waters were also classified as bicarbonate, calcic-magnesium (BATISTA; GASTMANS, 2015). For the authors of this classification is due to dissolution of present minerals in basalts and sandstones, as plagioclase and pyroxene.

CONCLUSION

The results obtained during the study suggest that the evaluated watersheds are in general in good condition, showing no evidence that large impacts arising from human activities. This is important information because the study was to identify whether the physical and chemical parameters of water and drainage sediment are reflecting the natural characteristics, and can be used as reference standards for similar geological areas.

The physicochemical characteristics of samples of surface water and geochemistry of river sediment samples reflect natural conditions for each geological domain assessed. There was a predominance of Ca, Mg in MSCD, due to the geology is dominantly composed of dolomitic limestone. In TCSD the predominant compounds were CO_2 and Al_2O_3 , while the MBD stood out the Fe_2O_3 and TiO_2 compounds that are related to composition of basalts which occur in the sampled area.

The significant variation of some parameters of the geological domains, demonstrates the need for adequacy of law inherent in assessing the quality of surface water. There is a gap in the understanding of the relationship between rock and surface water can lead to erroneous interpretations, and therefore, must be completed with the development of research and wide dissemination of the issue to cover several areas aimed at monitoring, conservation and recovery of water resources in the country.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thanks the National Counsel of Technological and Scientific Development (CNPQ) for financial support this research. We also thanks the Hydrogeological Research Laboratory (LPH - UFPR) for carrying out analyzes of the physicochemical parameters; the team of Minerals and Rocks Analysis Laboratory (LAMIR – UFPR), Marcelo Adriano Correa Maceno and Evelin Farias for guidance for preparation of the samples of sediment and Franciele de Oliveira Czerzinski by the conduct of the FR-X analysis and assistance in interpretation of analytical results.

REFERENCES

- ANDRADE, L. N.; LEITE, M. G. P.; BACELLAR, L. A. P. Influência geológica em assinaturas químicas das águas e solos do Parque Estadual do Itacolomi, Minas Gerais. *REM: Revista Escola de Minas*, v. 62, n. 2, p. 147-154, 2009.
- ANDREAZZI, M. J.; FIGUEIREDO, B. R.; LICHT, O. A. B. Comportamento geoquímico do flúor em águas e sedimentos fluviais da Região de Cerro Azul, Estado do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 36, n. 2, p. 336-346, 2006.
- APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 22nd ed. Washington, D. C.: APHA, 2012.
- ARAB, P. B.; PERINOTTO, J. A. J.; ASSINE, M. L. Grupo Itararé (P-C da Bacia do Paraná) nas regiões de Limeira e Piracicaba – SP: contribuição ao estudo das litofácies. *Geociências*, v. 28, n. 4, p. 501-521, 2009.
- BATISTA, L. V.; GASTMANS, D. Hidrogeoquímica e qualidade das águas superficiais na bacia do Alto Jacaré – Pepira (SP), Brasil. *Pesquisas em Geociências*, v. 42, n. 3, p. 297-311, 2015.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 18 mar. 2005.
- BU, H.; MENG, W.; ZHANG, Y.; WAN, J. Relationships between land use patterns and water quality in the Taizi River basin, China. *Ecological Indicators*, v. 41, n. 1, p. 187-197, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.02.003>.
- BURDON, F. J.; MCINTOSH, A. R.; HARDING, J. S. Habitat loss drives threshold response of benthic invertebrate communities to deposited sediment in agricultural streams. *Ecological Applications*, v. 23, n. 5, p. 1036-1047, 2013. PMID:23967573. <http://dx.doi.org/10.1890/12-1190.1>.
- CORREIA, V. R. M.; MONTEIRO, A. M. V.; CARVALHO, M. S.; WERNECK, G. L. Uma aplicação do sensoriamento remoto para a investigação de endemias urbanas. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 23, n. 5, 2007.
- FIORI, A. P. O sistema de dobramento Apiaí, estado do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 23, n. 1, p. 5-17, 1993.
- FRITZSON, E.; MANTOVANI, L. E.; CHAVES NETO, A. C.; HINDI, E. V. N. A influência das atividades mineradoras na alteração do pH e da alcalinidade em águas fluviais: o exemplo do rio Capivari, região do carste paranaense. *Eng. Sani. Ambiental*, v. 14, n. 3, p. 381-390, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522009000300012>.

- JIANG-QI, Q.; QING-JING, Z.; PAN, L.; CHENG-XIA, J.; MU, Y. Assessment of water quality using multivariate statistical methods: a case study of an urban landscape water, Beijing. *International Journal of Bioscience, Biochemistry, Bioinformatics*, v. 3, n. 3, p. 196-200, 2013.
- LATTIN, J.; CARROLL, J.; GREEN, P. E. *Análise de dados multivariados*. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 455 p.
- LICHT, O. A. B. *Atlas geoquímico do Estado do Paraná*. Curitiba: Fundação Araucária, 2001. 73 p.
- LICHT, O. A. B.; BITTENCOURT, A. V. Paisagens geoquímicas – naturais e antrópicas – no estado do Paraná. *Revista Técnico-Científica*, v. 1, n. 1, p. 1-27, 2014.
- LLOYD, C. E. M.; FREER, J. E.; COLLINS, A. L.; JONES, P. J.; JONES, J. I. Methods for detecting change in hydrochemical time series in response to targeted pollutant mitigation in river catchments. *Journal of Hydrology (Amsterdam)*, v. 514, n. 1, p. 297-312, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.04.036>.
- MANASSES, F.; ROSA FILHO, E. F.; HINDI, E. C.; BITTENCOURT, A. V. L. Estudo hidrogeológico da formação Serra Geral na região sudoeste do estado do Paraná. *Boletim Paranaense de Geociências*, v. 64-65, n. 1, p. 59-67, 2011.
- MCCLUNEY, K. E.; POFF, N. L.; PALMER, M. A.; THORP, J. H.; POOLE, G. C.; WILLIAMS, B. S.; WILLIAMS, M. R.; BARON, J. S. Riverine macrosystems ecology: sensitivity, resistance, and resilience of whole river basins with human alterations. *Frontiers in Ecology and the Environment*, v. 12, n. 1, p. 48-58, 2014. <http://dx.doi.org/10.1890/120367>.
- MELLES, S. J.; JONES, N. E.; SCHMIDT, B. Review of theoretical developments in stream ecology and their influence on stream classification and conservation planning. *Freshwater Biology*, v. 57, n. 3, p. 415-434, 2012. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2011.02716.x>.
- MILANI, E. J.; FRANÇA, A. B.; SCHNEIDER, R. L. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da PETROBRÁS*, v. 8, n. 1, p. 69-82, 1994.
- MINEROPAR. *Mapa geológico do Paraná*. 2005. Available from: <http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=22>. Access on: 03 mai. 2016.
- MORTATTI, J.; MORAES, G. M.; KIANG, C. H. Distribuição e possível origem de metais pesados nos sedimentos de fundo ao longo da bacia do alto rio Tietê: aplicação da normalização geoquímica sucessiva. *Geociências*, v. 31, n. 2, p. 175-184, 2012.
- NOBREGA, R. L. B.; GUZHA, A. C.; TORRES, G. N.; KOVACS, K.; LAMPARTER, G.; AMORIM, R. S. S.; COUTO, E.; GEROLD, G. Identifying hydrological responses of micro-catchments under contrasting land use in the Brazilian Cerrado. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, v. 12, n. 1, p. 9915-9975, 2015.
- PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. F.; PEREIRA, C. M. *Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água*. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 67 p.
- RAMOS, S.; GIUSTI, D. A.; ROSA FILHO, E. F. Influência da geologia local do quimismo de águas superficiais e de sedimentos fluviais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS 21., 2015, Brasília, BR. *Anais...* Brasília: ABRH, 2015. Available from: http://www.evolvedoc.com.br/sbrh/detalhes-479_influencia-da-geologia-local-no-quimismo-de-aguas-superficiais-e-de-sedimentos-fluviais.pdf Access on: 30 jun. 2016.
- REIS, G. S.; MIZUSAKI, A. M.; ROISENBERG, A.; RUBERT, R. R. Formação Serra Geral (Cretáceo da Bacia do Paraná): um análogo para os reservatórios ígneo-básicos da margem continental brasileira. *Pesquisas em Geociências*, v. 41, n. 2, p. 155-168, 2014.
- RODRIGUES, A. S. L.; NALINI JUNIOR, H. A.; COSTA, A. T.; MALAFAIA, G. Construção de mapas geoquímicos a partir de sedimentos ativos de margens oriundos do Rio Gualaxo do Norte, MG, Brasil. *Multi-Science Journal*, v. 1, n. 1, p. 70-78, 2015.
- ROSA FILHO, E. F.; GUARDA, M. J. Compartimentação hidrogeológica da formação Capiru na região norte de Curitiba - PR, Brasil. *Revista Águas Subterrâneas*, v. 22, n. 1, p. 67-74, 2008.
- SILVA, N. M.; BITTENCOURT, A. V.; SALAMUNI, E. Contribuição à gestão da bacia hidrográfica do rio Itaqui – Campo Largo / PR pela caracterização da qualidade da água e suas condicionantes ambientais. *Boletim Paranaense de Geociências*. v. 64-65, n. 1, p. 1-13. 2011.
- SOARES, M. C.; MIZUSAKI, A. M. P.; GUERRA, T.; VIGNOL, M. L. Análise geoquímica dos sedimentos de fundo do Arroio do Salso, Porto Alegre-RS - Brasil. *Pesquisas em Geociência*, v. 31, n. 1, p. 39-50, 2004.
- TORRES, I. C.; LEMOS, R. S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Influence of the Rio Taquaraçu in the water quality of the Rio das Velhas: subsidies for reflections of the case of water shortage in Belo Horizonte metropolitan region–MG, Brazil. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 21, n. 2, p. 429-438, 2016. <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v21n2.p429-438>.
- TU, J. Spatial variations in the relationships between land use and water quality across an urbanization gradient in the Watersheds of Northern Georgia, USA. *Environmental Management*, v. 51, n. 1, p. 1-17, 2013. PMID:21858555. <http://dx.doi.org/10.1007/s00267-011-9738-9>.
- VESELY, F. F.; TRZASKOS, B.; KIPPER, F.; ASSINE, M. L.; SOUZA, P. A. Sedimentary record of a fluctuating ice margin

from the Pennsylvanian of western Gondwana: Paraná Basin, southern Brazil. *Sedimentary Geology*, v. 326, n. 1, p. 45-63, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sedgeo.2015.06.012>.

WARREN, L. V.; ALMEIDA, R. P.; HACHIRO, J.; MACHADO, R.; ROLDAN, L. F.; STEINER, S. S.; CHAMANI, M. A. C. Evolução sedimentar da formação Rio do Rasto (Permo-Triássico da Bacia do Paraná) na porção centro sul do estado de Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Geociencias*, v. 38, n. 2, p. 213-227, 2008.

YIDANA, S. M.; OPHORI, D.; BANOENG-YAKUBO, B. A multivariate statistical analysis of surface water chemistry data: the Ankobra Basin, Ghana. *Journal of Environmental Management*, v. 86, n. 1, p. 80-87, 2008. PMID:17224232. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.11.023>.

Authors contributions

Sandra Martins Ramos: Participated in the field work (collecting samples of water, sediment and macroinvertebrate), identification of benthic macroinvertebrates, sediment preparation for geochemical analysis, data analysis, interpretation and discussion of results.

Ana Paula de Melo e Silva Vaz: Participated the interpretation and discussion of results. Assisted in the text correction.

Donizeti Antonio Giusti: Participated in the field work, geological mapping, interpretation results, discussion of results and text correction.

Ernani Francisco da Rosa Filho: Work orientation, interpretation and discussion of results.

CAPÍTULO 2 – GEOLOGICAL DOMAINS AS A DETERMINING FACTOR IN THE DISTRIBUTION OF BENTHIC MACROFAUNA

Este artigo está formatado nas normas do Boletim Paranaense de Geociências.

GEOLOGICAL DOMAINS AS A DETERMINING FACTOR IN THE COMPOSITION OF BENTHIC MACROFAUNA IN TROPICAL RIVERS

Sandra Martins Ramos¹; Ernani Francisco da Rosa Filho²

¹sandraramos_bio@yahoo.com.br

²ernani@ufpr.br

ABSTRACT

The objective of this work was to identify which environmental factors, determined by the geological domain can influence the structure and composition of the benthic macrofauna and contribute with information for selection of reference areas, to be applied in monitoring the ecological evaluation of surface water quality. In order to carry out the study, three different geological domains were previously selected: MSCD (metasedimentary carbonate domain) where the predominance of carbonate rocks; TCSD (terrigenous-carbonate sedimentary domain) with predominance of silt, sandstone and shale; and BMD (basic magmatic domain), in which there is predominance of basaltic rocks. In each geological domain, five catchments were selected, in which a sampling point was determined, totaling 15 (fifteen) collection points. At each sampling point, a superficial water sample was obtained for the analysis of physicochemical parameters and a fluvial sediment sample for granulometry analysis. Sampling of the benthic macrofauna was carried out using a handnet with a mesh of 0.5 mm. Three samplings of 1 m² were carried out at each sampling point, which were grouped. The organisms were identified at the taxonomic level of the family and categorized according to the functional group in collector, filter, shredders, predators and scrapers. The physical-chemical parameters of alkalinity, bicarbonate, hardness, calcium, magnesium, potassium and total dissolved solids presented higher values in MSCD due to the leaching process of the carbonate rocks. In the result of the granulometry analysis, the sandy substrate predominated in all of the sample points, while silt and clay presented the highest amount in the TCDS. Pebbles were more representative in MSCD and granules in MBD. A total of 9012 organisms were found in 45 families. The highest values for organism abundance and rate richness were found in MBD. Among the functional groups, the collectors were the most representative and their relative abundance was higher in MBD. Filters and shredders were more abundant in MSCD and scrapers in TCSD. The results suggest that the benthic macrofauna in the catchments evaluated were influenced by the geological domains. The main geological factors that contributed to the structure and composition of the benthic organisms were those related to the physical-chemical parameters of the water, type of substrate in the river bed and type of flow regime. Thus, it is recommended that the procedures for using this fauna to evaluate the ecological quality of surface waters should consider the types of rocks that occur in the catchment.

KEY WORDS: Ecology rivers, environmental quality, water resources, benthic macroinvertebrates, environmental geology.

DOMÍNIOS GEOLÓGICOS COMO FATOR DETERMINANTE NA COMPOSIÇÃO DA MACROFAUNA BENTÔNICA EM RIOS SUBTROPICAIS

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi identificar quais fatores ambientais, determinados pelo domínio geológico podem influenciar na estrutura e composição da macrofauna bentônica e contribuir com informações para seleção de áreas de referência, a serem aplicadas no monitoramento da avaliação ecológica da qualidade de águas superficiais. Para realização do estudo foram selecionadas previamente três distintos domínios geológicos, os quais foram intitulados de DMSC (domínio metassedimentar-carbonático) onde ocorre a predominância de rochas carbonáticas; DSTC (domínio sedimentar carbonático-terrígeno) com predomínio de siltito, arenito e folhelho; e DMB (domínio magmático básico), no qual há predominância de rochas basálticas. Em cada domínio geológico foram selecionadas cinco microbacias hidrográficas, nas quais foi determinado um ponto amostral, totalizado 15 (quinze) pontos de coleta. Em cada ponto amostral foi obtida uma amostra de água superficial para análise dos parâmetros físico-químicos e uma amostra de sedimento fluvial, para análise granulométrica. A amostragem da macrofauna bentônica foi realizada com auxílio uma rede de mão (*handnet*) com malha de 0,5 mm, aplicando a metodologia “*Kick-sampling*”. Foram realizadas três amostragens de 1 m² em cada ponto amostral, que foram agrupadas. Os organismos foram identificados ao nível taxonômico de família e categorizados conforme o grupo funcional em coletor, filtrador, fragmentador, predador e raspador. Os parâmetros físico-químicos da água alcalinidade, bicarbonato, dureza, cálcio, magnésio, potássio e sólidos totais dissolvidos apresentaram maiores valores no DMSC devido ao processo de lixiviação das rochas carbonáticas. No resultado da análise granulométrica predominou o substrato arenoso em todos dos pontos amostrais, enquanto que silte e argila apresentaram maior quantidade no DSTC. Seixos foram mais representativos no DMSC e os grânulos no DMB. Foram encontrados 9012 organismos, distribuídos em 45 famílias da macrofauna bentônica. Os maiores valores para abundância de organismos e riqueza de taxa foi encontrada do DMB. Entre os grupos funcionais, os coletores foram os mais representativos e sua maior abundância relativa foi registrada no DMB. Os filtradores e fragmentadores foram mais abundantes no DMSC e os raspadores no DSTC. Os resultados sugerem que a macrofauna bentônica nas microbacias avaliadas foram influenciadas pelos domínios geológicos. Os principais fatores geológicos que contribuíram na estrutura e composição dos organismos bentônicos foram os relacionados aos parâmetros físico-químicos da água, tipo de substrato no leito dos rios e tipo de regime de fluxo. Assim, recomenda-se que os procedimentos de uso dessa fauna para avaliar a qualidade ecológica das águas superficiais, devem considerar os tipos de rochas que ocorrem na bacia hidrográfica a ser avaliada.

PALAVRAS-CHAVE: Ecologia de rios, qualidade ambiental, recursos hídricos, macroinvertebrados bentônicos, geologia ambiental.

INTRODUÇÃO

Os processos de formação das microbacias hidrográficas são desenvolvidos através de controle geológico, estrutural e litológico. A construção dos canais e de suas planícies de inundação dependem da intensidade do intemperismo ativo na unidade litológica (AB "SABER, 1969). Tais características determinam a profundidade, largura, composição do material de fundo do canal e constituição dos parâmetros físico-químicos da água (ALLAN & CASTILLO, 2007).

Os fatores geológicos, aliados às condições das áreas adjacentes aos rios também influenciam nas características das águas superficiais e dos sedimentos fluviais (GUERRA & CUNHA, 1998). A presença de vegetação nas margens dos cursos d'água contribui com o fornecimento de material orgânico para o leito do canal e, dependendo da ordem do rio, pode influenciar na taxa de entrada de luz e consequentemente, interferir na produção primária de organismos fotossintéticos como o fitoplâncton (MOORE & RICHARDSON, 2003).

As alterações antrópicas nos ecossistemas aquáticos interferem na dinâmica natural da biota aquática (POFF et al., 1997). Neste contexto, destaca-se os macroinvertebrados bentônicos. Esses organismos vivem sob ou sobre o sedimento do fundo e atuam no revolvimento do material depositado no leito, liberando partículas orgânicas finas para a coluna de água (ESTEVES, 1998).

A estrutura e composição da macrofauna bentônica podem estar relacionadas à disponibilidade de alimento ou habitat (CALLISTO et al., 2001). De acordo com Cummins et al. (1989) alguns grupos alimentam a matéria orgânica particulada grossa (fragmentadores), enquanto que outros, conhecidos como filtradores, têm sua alimentação baseada em matéria orgânica em partículas finas, disponível na coluna d'água. Já os raspadores alimentam-se do biofilme aderido ao substrato rochoso e predadores se alimentam de outros organismos bentônicos.

Algumas características morfológicas e fisiológicas permitem que alguns grupos habitem ambientes lóticos e outros, sejam mais abundantes em ambientes lênticos. Além disso, os macroinvertebrados bentônicos possuem diferentes níveis de sensibilidade às mudanças ambientais, que permite seu uso como bioindicadores da qualidade da água de superficial (BATISTA et al., 2007; HEPP et al., 2010).

Os procedimentos que utilizam os macroinvertebrados bentônicos para a avaliação da qualidade ecológica dos ecossistemas aquáticos buscam comparar as comunidades bentônicas encontradas em áreas de referência (não impactada), com locais que possuem algum tipo de alteração (BAPTISTA, 2008). Entretanto, devido às condições ambientais atuais em todo o mundo, encontrar áreas que possam se enquadrar na condição de referência, é uma tarefa não muito fácil. Assim, diferentes abordagens que utilizam macroinvertebrados bentônicos no monitoramento biológico divergem quanto ao melhor procedimento para definição de áreas de referência (BAPTISTA 2008).

A Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos Estados Unidos da América baseia-se em aspectos associados à paisagem, aplicando protocolos de avaliação visual que considera as condições ambientais propícias para a sustentação da fauna bentônica, além de atender a determinados limites quanto a parâmetros físico-químicos da água e características geomorfológicas, dentro de uma mesma ecoregião (BAPTISTA 2008).

Na União Europeia é adotado o conceito de eco-tipologia de rios, utilizando critérios inerentes às características hidromorfológicas, parâmetros físico-químicos da água, características bióticas e aplicação de protocolo de avaliação visual (HERING et al., 2004).

Segundo Baptista (2008) no Brasil a seleção das áreas de referência parte do princípio que, as mesmas devem estar na mesma bacia hidrográfica, respeitando as diferenciações geoclimáticas, tipo de cobertura vegetal, dentro da escala de tamanho de bacia.

Considerando que os ecossistemas aquáticos são moldados conforme as condições geológicas de onde se inserem as microbacias hidrográficas, o objetivo deste trabalho foi identificar quais fatores ambientais, determinados pelo domínio geológico podem influenciar na estrutura e composição da macrofauna bentônica e contribuir com informações que possam ser úteis na seleção de áreas de referência a serem aplicadas no monitoramento da avaliação ecológica da qualidade de águas superficiais. A hipótese testada foi que, a estrutura e composição da macrofauna bentônica, em ecossistemas lóticos, minimamente impactados, diferem conforme o domínio geológico onde se inserem as microbacias hidrográficas.

ÁREA DE ESTUDO

Localizada na região sul do Brasil (Figura 1) a área de estudo abrange três compartimentos geomorfológicos do Estado do Paraná (primeiro, segundo e terceiro planalto paranaense). O clima regional de acordo com Koppen é do tipo Cfb – Clima Temperado Úmido (Mesotérmico), com média do mês mais quente inferior a 22°C e do mês mais frio inferior a 18°C, não apresenta estação seca, verão é brando e as geadas são severas e frequentes (IAPAR, 2000).

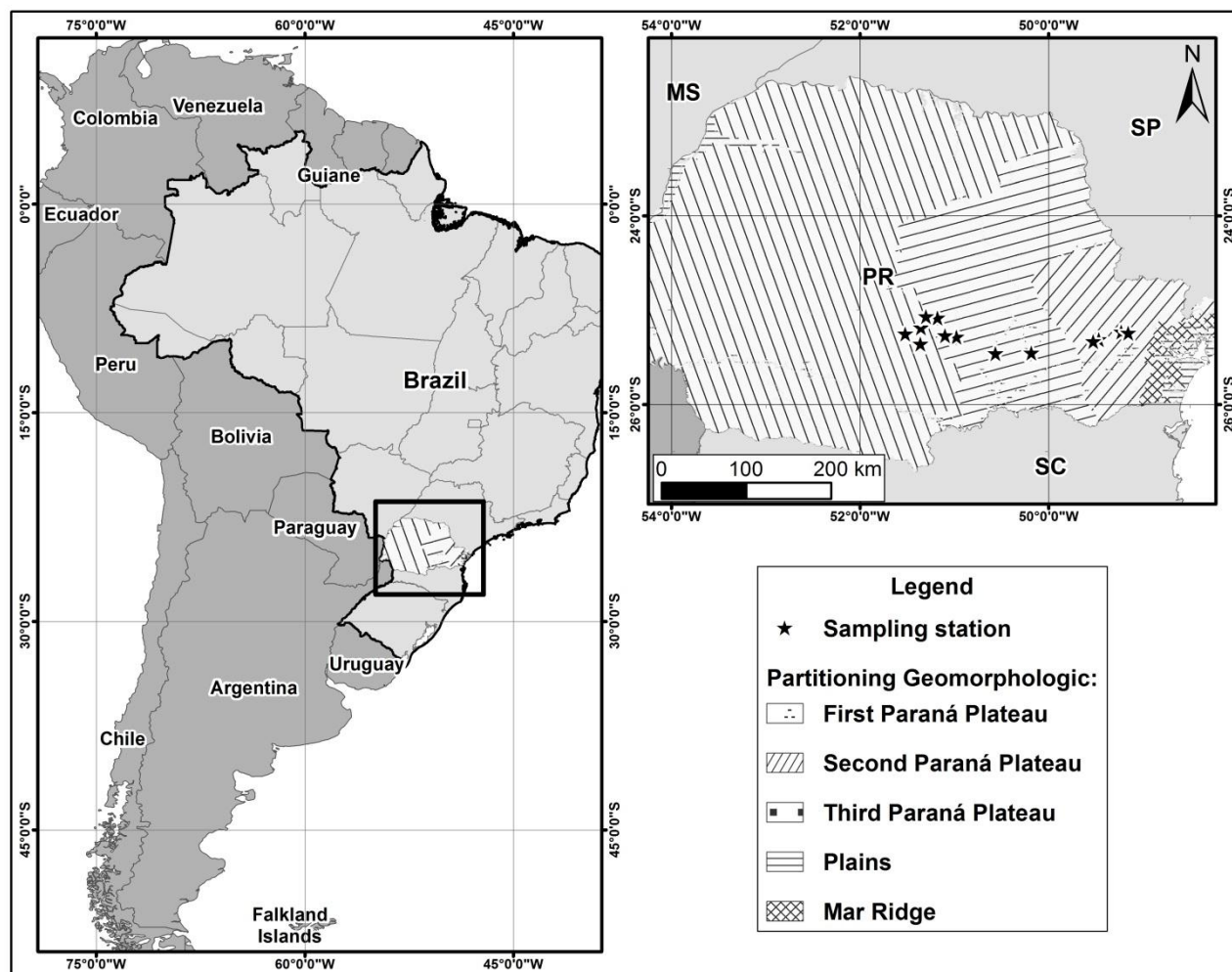


Figura 1 - Localização das áreas de estudo em relação a divisão geomorfológica do Paraná – Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realização do estudo e teste da hipótese levantada foram selecionados previamente três distintos domínios geológicos, os quais foram intitulados de DMSC (domínio metassedimentar-carbonático) onde ocorre a predominância de rochas carbonáticas; DSTC (domínio sedimentar

carbonático-terrígeno) com predomínio de siltito, arenito e folhelho; e DMB (domínio magmático básico), no qual há predominância de rochas basálticas.

As coletas das amostras de água superficial, sedimento fluvial e macrofauna bentônica foram realizadas em outubro/novembro de 2014. Em cada domínio geológico foram selecionadas cinco microbacias hidrográficas, nas quais foi determinado um ponto amostral, em cada uma, totalizando 15 (quinze) pontos amostrais. A seleção das microbacias levou em consideração o menor grau de impacto possível, identificado em mapeamento prévio do uso do solo. As microbacias hidrográficas foram categorizadas em avaliação visual, quanto ao tipo de substrato de fundo (blocos e matacões) e tipo de regime de fluxo em Laminar (L) ou Turbulento (T) conforme proposto por Cristofolletti (1981).

A amostragem da macrofauna bentônica foi realizada com auxílio uma rede de mão (*handnet*) com malha de 0,5 mm, aplicando a metodologia “*Kick-sampling*”, na qual o coletor é posicionando contra a correnteza e o substrato é removido com o auxílio dos pés, desprendendo desta forma os organismos que são carregados para dentro da rede. Foram realizadas três amostragens de 1 m² em cada ponto amostral, sendo que o esforço amostral foi de 30 segundos para cada réplica. As três réplicas foram agrupadas para compor a amostra final de cada ponto. Em campo o material de fundo coletado foi fixado em álcool 70%.

Posteriormente, em laboratório, o material foi lavado para retirada da matéria orgânica grossa contida na amostra, e o material restante foi triado com auxílio de microscópio estereoscópio (lupa) e os organismos identificados ao nível de família com auxílio de chaves taxonômicas (PÉREZ, 1996; BOUCHARD, 2004; COSTA et al. 2004; MERRITT & CUMMINS, 1996; MUGNAI et al., 2010). Após a identificação, os organismos foram classificados quanto ao hábito alimentar (grupo funcional) em coletor, filtrador, fragmentador, raspador e predador, conforme classificação proposta por Cummins et al. (2005).

Em cada ponto amostral foi obtida uma amostra de água superficial. As referidas amostras, foram identificadas, refrigeradas e transportadas até o Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas (LPH) da Universidade Federal do Paraná (UFPR) onde foram realizadas as análises, seguindo método preconizado pela APHA (2012). Os parâmetros analisados em laboratório foram: alcalinidade (CaCO₃), bicarbonato (HCO₃), dureza (CaCO₃), acidez (CaCO₃), dióxido de carbono (CO₂), nitrogênio total (N), sólidos totais dissolvidos (STD), dióxido de sílica (SiO₂), nitrato (NO₃), cálcio

(Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), potássio (K), cloreto (Cl), ferro (Fe), cor e turbidez. No momento da coleta foram aferidos os seguintes parâmetros físico-químicos da água: temperatura da água, temperatura do ar, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e pH, com equipamentos da marca METTLER TOLEDO.

As amostras de sedimento fluvial foram coletadas manualmente, com auxílio de pá plástica no leito dos cursos d' água, em sua porção central, correspondendo aos primeiros cinco centímetros de profundidade, sendo as amostras formadas por várias alíquotas, tomadas num trecho de aproximadamente 10 m ao longo dos rios. A análise granulométrica do sedimento foi realizada no Laboratório de Estudos Sedimentológicos e Petrologia Sedimentar (LABESED) da UFPR. Para quantificação dos sedimentos finos (silte e argila) foi aplicado o método de pipetagem (Lei de Stokes) e para os sedimentos grossos (seixos, grânulos e areia) o método de peneiramento (SUGUIO, 1973).

ANÁLISE DOS DADOS

As análises estatísticas foram realizadas no programa estatístico PAST versão 3.12 (HAMMER et al., 2003). As métricas biológicas (abundância, riqueza de taxa, abundância das ordens e abundância relativa dos grupos funcionais) foram submetidas a análise de variância (ANOVA unifatorial) com nível de 95% de significância. Para avaliar a similaridade na distribuição dos grupos funcionais, em relação aos domínios geológicos foi aplicada análise de cluster, utilizando o índice de Bray-Curtis.

Para testar se houve diferenças entre as variáveis ambientais (altitude, parâmetros físicos e químicos da água e granulometria do sedimento) foi aplicada também a ANOVA. Os parâmetros que apresentaram diferença estatística significativa ($p < 0,05$) foram utilizados para realização da análise de componentes principais, com o objetivo de identificar a contribuição de cada um dos domínios geológicos.

As variáveis ambientais (altitude, granulometria do sedimento, presença de blocos e matacões, tipo de regime de fluxo, tipo de uso do solo e ordem dos rios) foram submetidas a análise de ordenação NMDS (*Non metric dimensional scalonmet*) juntamente com as famílias de invertebrados bentônicos, com o objetivo de identificar quais das referidas variáveis tiveram maior influência na distribuição dos organismos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altitude na localização dos pontos amostrais variou entre 580m a 1087m. A análise de variância indicou diferença estatística significativa entre os domínios geológicos para esta métrica ($p < 0,01$). As maiores altitudes foram registradas nas microbacias localizadas no domínio magmático básico (DMB). Estudos tem mostrado que a composição da fauna bentônica pode ser influenciada pela altitude (OLIVEIRA & NESSIMIAN, 2010b). Com relação às características do leito do rio, a presença de blocos e/ou matacões foi registrada apenas nos pontos amostrais inseridos no DMB (Tabela 1).

Tabela 1 – Localização geográfica, altitude, ordem dos rios, tipos de substrato no leito e tipo de fluxo laminar (L) ou turbulento (T).

Pontos amostrais	Coordenadas geográficas		Altitude (m)	Ordem do rio	Presença blocos/matacões	Tipo de fluxo
DMSC1	S25°13'53"	W49°13'53"	950	3	Não	L
DMSC2	S25°14'35"	W49°09'09"	902	3	Não	L
DMSC3	S25°18'34"	W49°28'06"	779	2	Não	L
DMSC4	S25°18'35"	W49°28'08"	785	1	Sim	L
DMSC5	S25°19'57"	W49°31'40"	854	3	Não	T
DSTC1	S25°27'09"	W50°11'05"	841	2	Não	T
DSTC2	S25°27'30"	W50°34'00"	819	2	Não	L
DSTC3	S25°17'00"	W50°58'30"	750	3	Não	L
DSTC4	S25°16'11"	W51°05'54"	765	2	Não	T
DSTC5	S25°04'56"	W51°10'37"	580	3	Sim	T
DMB1	S25°15'03"	W51°31'05"	1087	3	Sim	L
DMB2	S25°11'24"	W51°21'45"	1083	3	Sim	T
DMB3	S25°11'04"	W51°21'15"	1084	2	Sim	T
DMB4	S25°03'57"	W51°17'54"	1053	3	Sim	T
DMB5	S25°21'24"	W51°21'37"	1032	4	Sim	T

Legenda: DMSC – Domínio Metassedimentar Carbonático; DSTC – Domínio sedimentar terrígeno- carbonático; DMB – domínio magmático básico.

Todas as microbacias possuem baixo grau de urbanização a montante dos pontos de amostragem, variando entre 1% a 7% da área, vegetação ciliar em boas condições de conservação (RAMOS et al., 2016). A agricultura é de subsistência e a porcentagem da microbacia em área cultivada, a montante do ponto de coleta varia entre 13% e 63%. A atividade de mineração só foi registrada no Domínio Metassedimentar Carbonático (DMSC) e não ultrapassa 1% da área da área das microbacias (Tabela 2).

Tabela 2 – Tipos de uso do solo que ocorrem nas áreas mapeadas a montante dos pontos amostrais.

Ponto amostral	Tamanho da área da microbacia avaliada (km ²)	Área florestada (%)	Área agricultura (%)	Área Urbana (%)	Área com Mineração (%)
DMSC1	5,23	71	27	2	1
DMSC2	118,63	69	28	3	1
DMSC3	59,94	69	30	1	1
DMSC4	1,16	58	41	1	1
DMSC5	41,05	64	29	7	1
DSTC1	16,36	37	62	1	0
DSTC2	6,83	42	56	2	0
DSTC3	67,90	50	48	2	0
DSTC4	14,40	60	36	4	0
DSTC4	108,50	71	28	1	0
DMB1	20,87	50	49	1	0
DMB2	22,67	70	29	1	0
DMB3	50,10	69	30	1	0
DMB4	65,76	86	13	1	0
DMB5	187,21	69	30	1	0

Legenda: DMSC – Domínio Metassedimentar Carbonático; DSTC – Domínio sedimentar terrígeno- carbonático; DMB – domínio magmático básico.

A macrofauna bentônica foi representada por 9012 organismos, distribuídos em 45 famílias. O domínio magmático básico (DMB) apresentou maior abundância de indivíduos (4426) seguido do DSTC (3561) e o DMSC com 1025 indivíduos (Figura 2A). A riqueza de taxa também foi maior no DMB. O resultado da análise de variância (ANOVA unifatorial) indicou diferença estatística significativa apenas para a riqueza de taxa ($p=0,027$) conforme demonstrado na Figura 2B.

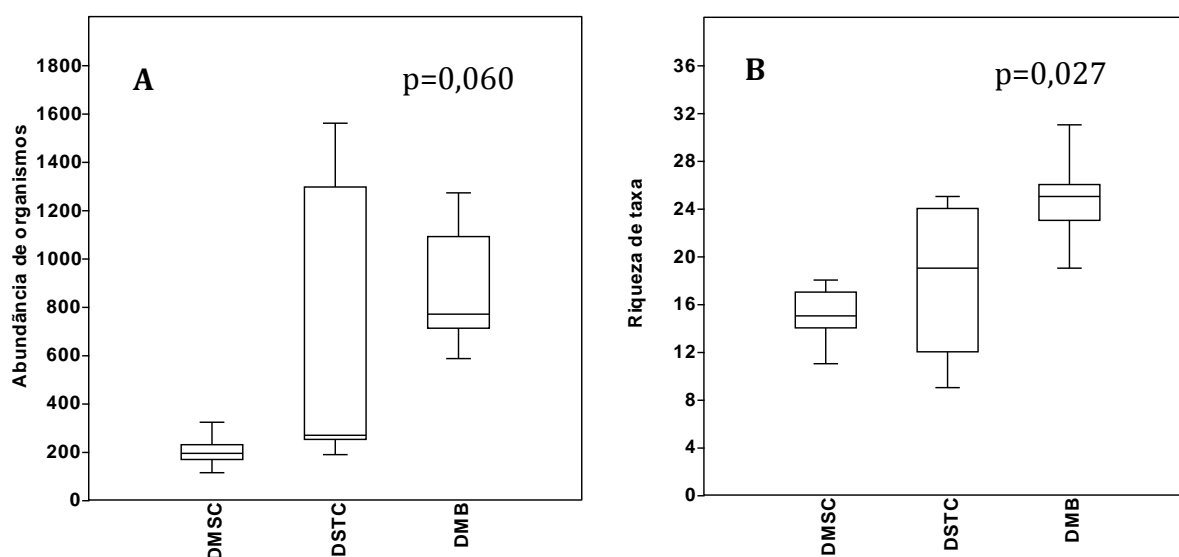


Figura 2 – Abundância de organismos (A) e riqueza de taxa (B) em cada domínio geológico avaliado. As caixas representam os quartis de 25-75%, a mediana é apresentada na linha horizontal dentro da caixa e os valores mínimos e máximos nas linhas horizontais curtas. DMSC – domínio metassedimentar carbonático; DSTC – domínio sedimentar terrígeno-carbonático; DMB – domínio magmático básico.

A classe Insecta foi predominante em todos pontos amostrados e representou 88,57% dos organismos coletados. Os insetos foram representados por oito ordens (Ephemeroptera, Plecoptera, Odonata, Hemenoptera, Coleoptera, Trichoptera, Diptera e Lepidoptera). Sendo que, as ordens Diptera e Ephemeroptera foram as mais abundantes (Figura 3).

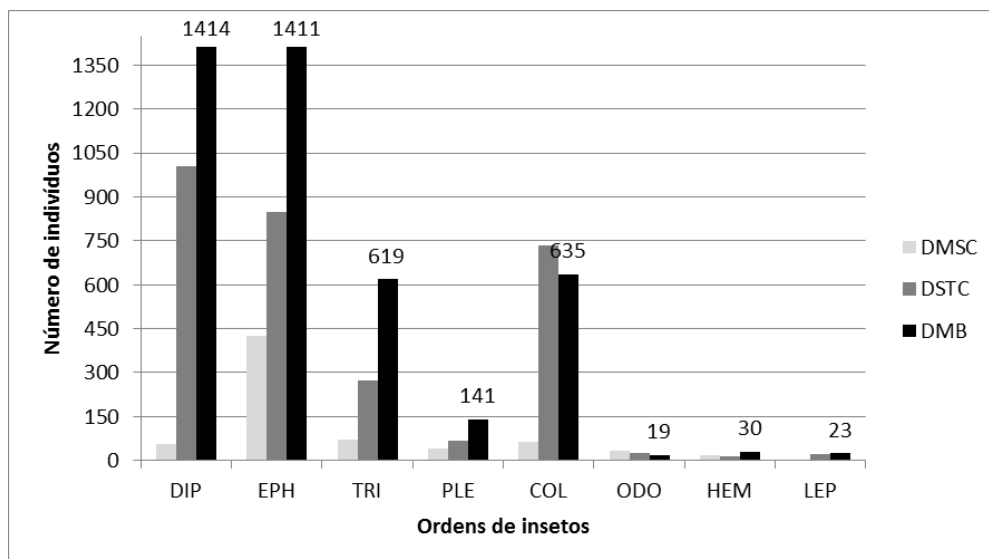


Figura 3 – Números de indivíduos das ordens Diptera (DIP), Ephemeroptera (EPH) Trichoptera (TRI), Plecoptera (PLE), Coleoptera (COL), Odonata (ODO), Hemíptera e Lepidoptera (LEP) registado em cada domínio geológico avaliado . DMSC – domínio metassedimentar carbonático; DSTC – domínio sedimentar terrígeno-carbonático; DMB – domínio magmático básico.

A ordem Diptera foi representada por nove famílias e foi mais abundante no domínio magmático básico (DMB). Esse resultado se deve a maior abundância de organismos da família Simuliidae (Figura 4A). Neste domínio a presença de blocos e matacões favorecem o estabelecimento desses organismos por proporcionarem condições geológicas que propiciam a sua fixação no substrato do leito do rio. Esses organismos se matem fixos em superfícies rígidas e lisas, que lhe permitem se alimentar, através da captação de matéria orgânica particulada fina, que é transportada na coluna da água. Carrie et al. (2015) também verificou esta relação entre a geologia local e a presença dos simuliídeos corroborando nosso resultado. Nos demais domínios geológicos a abundância de Simuliidae foi baixa, com exceção do ponto amostral DSTC5, localizado no domínio sedimentar terrígeno-carbonático que contribuiu para quase toda totalidade desses organismos entre os pontos amostrados neste domínio. Isso pode ser atribuído a presença de blocos no leito que, de maneira similar ao que ocorre nos pontos amostrados no DMB, propicia o estabelecimento desses organismos.

A segunda família mais abundante da ordem Diptera foi Chironomidae, registrada em 99% dos pontos amostrais. Sua maior representatividade foi registrada no domínio sedimentar terrígeno-carbonático (Figura 4B).

O ponto amostral DSTC5 apresentou o maior número de indivíduos desta família, entre os pontos amostrais. Entretanto, esses resultados devem ser interpretados com cautela, devido ao fato de que, alguns gêneros dessa família são considerados indicadores de poluição orgânica (KLEINE and TRIVINHO-STRIXINO, 2005). Nesse trabalho os organismos não foram identificados ao nível de gênero. Não sendo portanto possível associar a presença de Chironomidae com algum tipo de poluição orgânica. Como os pontos amostrais apresentam baixo grau de antropização, atribuímos nosso resultado as condições do substrato. Uma vez que, entre os blocos que ocorrem no leito, há a presença de substrato silto/arenoso. A ampla distribuição de Chironomidae registrada neste estudo corrobora com outros trabalhos que relataram a predominância desta família (MORETTI & CALLISTO, 2005; BUCKUP et al., 2007; MILESI et al., 2009).

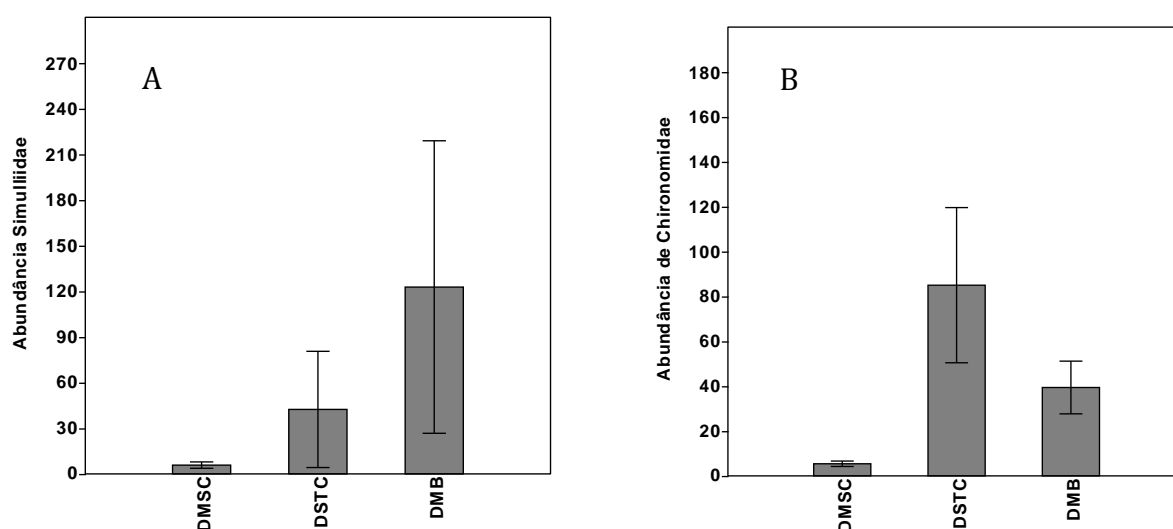


Figura 4 - Número de indivíduos da famílias Simuliidae (A) e chironomidae (B). DMSC – domínio metassedimentar carbonático; DSTC – domínio sedimentar terrígeno-carbonático; DMB – domínio magmático básico.

A família Blephariceridae só foi registrada no DMB e também apresentam relação com o substrato de fundo devido ao hábito alimentar que se baseia na sucção de biofilme localizado em blocos rochosos (HAMADA et al., 2014). As demais famílias da ordem Diptera apresentaram baixa abundância no estudo.

Com relação à ordem Ephemeroptera, foram registradas três famílias (Leptohyphidae, Leptophlebiidae e Baetidae). A abundância de indivíduos desta ordem foi maior no domínio magmático básico e apresentou diferença estatística significativa através da análise de variância (ANOVA unifatorial) quando comparado com os demais domínios geológicos avaliados (Figura 5A).

A família mais representativa dessa ordem foi Baetidae (Figura 5B). Sua tolerância a distúrbios antrópicos intermediários permite sua ocorrência em ambientes aquáticos lóticos com diferentes tipos de uso do solo (CALLISTO et al., 2001; SOUZA, 2011). Neste estudo sua maior abundância foi encontrada no DMB e pode ser relacionada com a presença de blocos e matacões com fluxo de elevada energia, visto que estes organismos possuem adaptação morfológica que permite sua presença em locais com estas características (SALLES, 2006). Alta abundância desta família também foi registrada em dois pontos amostrados no domínio sedimentar terrígeno-carbonático (DSTC3 e DSTC5) e pode ser relacionado a presença de lajes de folhelhos em degrau que proporciona regime de fluxo de alta energia no DSTC3. No DSTC5 a grande abundância de Baetidae pode ser relacionada com ocorrência de blocos e matacões transportados pelo elevado fluxo/gradiente entre sua nascente, localizada na escarpa da Serra Boa Esperança (Formação Serra Geral) e o ponto amostrado.

Apesar de a família Leptohyphidae ter apresentado maior número de indivíduos no DSTC (Figura 5C) e Leptophlebiidae no DMB (Figura 5D), não foi encontrada diferença estatística significativa entre os domínios, não permitindo identificar de forma clara a preferência dessas famílias com relação às condições geológicas do leito dos rios avaliados. Essas famílias são encontradas em ambientes lóticos, bem oxigenadas, em diversos tipos de substratos e correnteza (HAMADA et al., 2014).

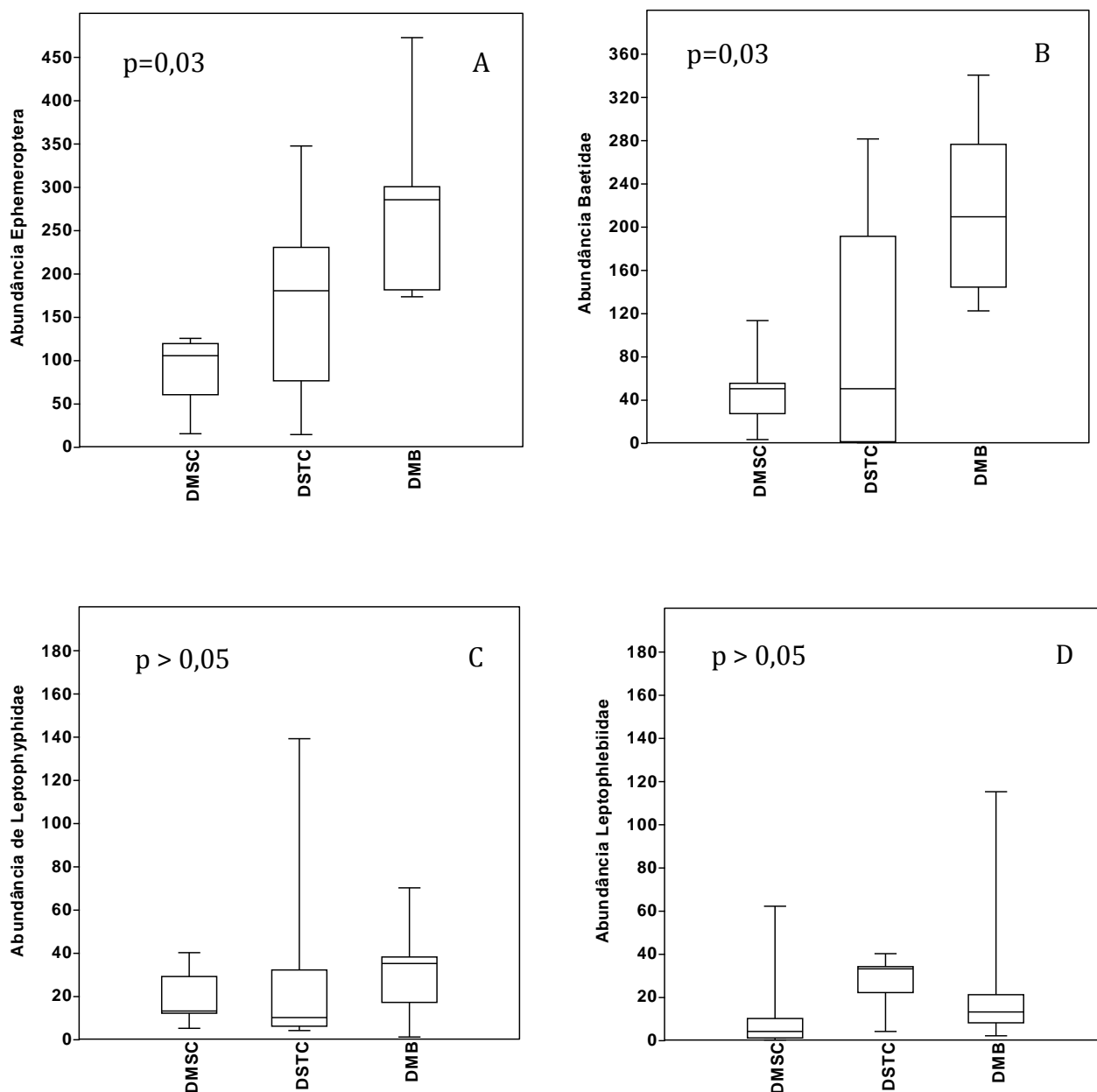


Figura 5 – Número de indivíduos da ordem Ephemeroptera (A); da família Baetidae (B), Leptophyphidae(C) e Leptophlebiidae (D). As caixas representam os quartis de 25-75%, a mediana é apresentada na linha horizontal dentro da caixa e os valores mínimos e máximos nas linhas horizontais curtas. DMSC – domínio metassedimentar carbonático; DSTC – domínio sedimentar terrígeno-carbonático; DMB – domínio magmático básico.

A ordem Plecoptera foi representada pelas famílias Perlidae e Gripopterigidae, as únicas dessa ordem, que apresentam registro para o Brasil (FROEHLICH, 1981). Ambas foram mais abundantes no DMB ($n=44$; $n=97$ respectivamente). A família Perlidae esteve presente em todos os pontos amostrados no DMB, mas foi rara nos demais domínios. Tal resultado culminou em diferença estatística a significante entre os domínios geológicos avaliados (ANOVA unifatorial $p=0,04$). A

maior abundância de Perlidae no DMB também pode ser atribuído ao fluxo rápido de alta energia, proporcionado pela ocorrência de blocos e matacões, típicos desse domínio geológico. Tais características proporcionam variação do nível de água constante e oxigenação da água favorecendo estes organismos que tem preferências por ambientes de correnteza (OLIVEIRA & NESSIMIAN, 2010).

A família Gripopterygidae apresentou o mesmo comportamento que Perlidae sendo, mais abundante no DMB. Esses organismos foram relacionados com a presença ou ausência de vegetação ciliar (LOUREIRO et al., 2015) e com a ocorrência ambientes lóticos, de fundo rochoso (OLIVEIRA & NESSIMIAN, 2010). Todos os locais amostrados apresentam vegetação ciliar em boas condições, não sendo, portanto, esse o fator ambiental que pode ter determinado a distribuição destes organismos. Acreditamos que o regime de fluxo turbulento e fundo rochoso foram os fatores responsáveis pela maior abundância de Gripopterygidae no DMB.

A ordem Trichoptera apresentou nove famílias. A maior abundância de organismos dessa ordem foi encontrada no DMB (Figura 6). A análise de variância indicou diferença estatística significativa para o DMB em relação aos outros domínios geológicos. As famílias mais representativas desta ordem foram Hydropsychidae e Glossosomatidae.

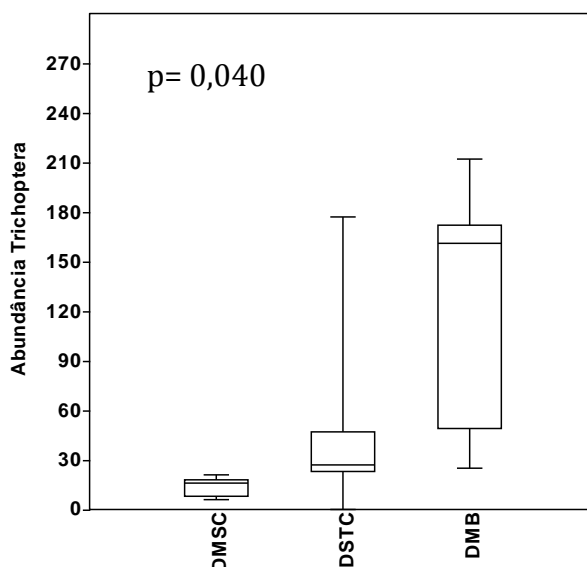


Figura 6 - Abundância de indivíduos da ordem Trichoptera. As caixas representam os quartis de 25-75%, a mediana é apresentada na linha horizontal dentro da caixa e os valores mínimos e máximos nas linhas horizontais curtas. DMSC – domínio metassedimentar carbonático; DSTC – domínio sedimentar terrígeno-carbonático; DMB – domínio magmático básico.

A família Hydropsychidae foi a mais abundante e contribuiu 73,38% dos trichopteros coletados. A maior abundância de Hydropsychidae foi registrada no DMB (n= 437), seguido do DSTC (n= 208) e DMSC (n= 61). Esses trichopteros, geralmente são abundantes em ambientes com correnteza, presença de muita vegetação e podem tolerar águas com pouca contaminação (PÉREZ, 1996). A relação positiva entre Hydropsychidae e a presença de substrato rochoso, em ambiente lótico, sobre rochas vulcânicas foi apontada também por Carrie et al. (2015) corroborando nossos resultados.

A família Glossosomatidae também foi mais abundante no DMB (n=97), seguido do DSTC (n=18), entretanto, foi raro no DMSC e só foi encontrado no ponto amostral DMSC5 (n=2). Esses trichopteras são comuns em ambientes lóticos com fundo rochoso (PEREZ, 1996). Sua maior abundância pode ser associada ao fato de que neste domínio, predominam rochas basálticas que fornecem matacões e blocos para o leito dos rios, permitindo acumulação de clastos de granulometria grossa à arenosa, utilizados por esses organismos na construção de seus casulos. As demais famílias dessa ordem apresentaram baixa abundância em todos os pontos amostrados

As odonatas foram mais abundantes no DMSC (n=33) e foram representadas por três famílias (Calopterygidae, Coenagrionidae e Gomphidae), sendo que Coenagrionidae foi a mais abundante e contribuiu com 71% das odonatas coletadas. A maioria das odonatas registradas neste estudo, são consideradas predadoras (CUMMINS et al., 2005) e apresentam preferência por ambientes lóticos, substrato arenoso e presença de material orgânico (CARVALHO & NESSIMIAN, 1998) como o que ocorre nos pontos amostrados no DMSC.

Para a ordem Coleoptera, as famílias encontradas foram: Elmidae, Hydrophilidae, Psephenidae e Staphylinidae. A maior abundância de coleópteros foi encontrada no DSTC (n=734). Este resultado se deve ao elevado número de indivíduos da família Elmidae que contribuiu com 96,32% dos coleópteros neste domínio geológico. No DMB a família Elmidae também foi abundante (n= 592). Esta família de coleoptera possui adaptações morfológicas que lhe permite o estabelecimento em águas com alto grau de energia (ELLIOTT, 2008), como os que ocorrem nos pontos amostrados que apresentaram maior abundância destes organismos (DSTC3, DSTC5, DMB1, DMB4 e DMB5).

A ordem Heteroptera foi representada por cinco famílias (Mesoveliidae, Naucoridae, Notonectidae, Pleidae e Veliidae) e a mais abundante foi Veliidae (n= 29) seguida por Naucoridae

(n= 22). A maior abundância dessa ordem foi registrada no DMB (n=30). Esses organismos apresentam preferência por microhabitats compostos por folhas, depositadas no leito dos rios e retidas entre substratos rochosos, em ambiente com correnteza (OLIVEIRA & NESSEMIAN, 2010).

Os macroinvertebrados que integram outros grupos taxonômicos (filos Annelida, Mollusca e classe Crustacea) contribuíram com apenas 11,43% dos organismos amostrados. Com relação aos moluscos, foram registradas duas classes (Gastropoda e Bivalvia). A classe Gastropoda foi representada por uma única família (Physidae) que apresentou baixa abundância na maioria dos pontos amostrais, exceto em DSTC3 que contabilizou 403 organismos, seguido de DSTC 4 (n= 25) e DMB2 (n= 13). A maior abundância de Physidae em DSTC3 pode estar relacionada com as características do fundo do leito, que é constituído por laje de folhelhos proporcionando a ocorrência de substrato para colonização e alimentação para estes organismos que são raspadores (CUMMINS et al., 2005).

A classe Bivalve também apresentou apenas uma família (Curculidae) que foi mais representativa no DMSC, sendo que, a maior abundância foi registrada em DMSC2 e pode ser atribuída a maior presença de sedimentos silto-arenosos no leito do rio. Assim como os gastrópodos, os bivalves podem ter sido favorecidos pelas características físico-químicas da água. As conchas dos bivalves são constituídas de cristais de carbonato de cálcio (SILVA et al., 2010). Tal característica pode ter favorecido a colonização desses organismos no DMSC2 devido constituição geológica da microbacia que fornece altas concentrações de íons de Ca e Mg.

A única família da ordem Crustacea encontrada foi Aeglidae. A maior abundância dessa família foi encontrada no DMSC (domínio metassedimentar-carbonático), sendo que o ponto amostral DMSC1 apresentou o maior número de indivíduos. Este resultado pode ser atribuído às condições físico-químicas da água (Figura 7) que, devido às características geológicas deste domínio, apresentam maiores valores para a condutividade elétrica, alcalinidade e dureza da água, assim como, concentrações mais elevadas de bicarbonato, cálcio e magnésio (RAMOS et al., 2016).

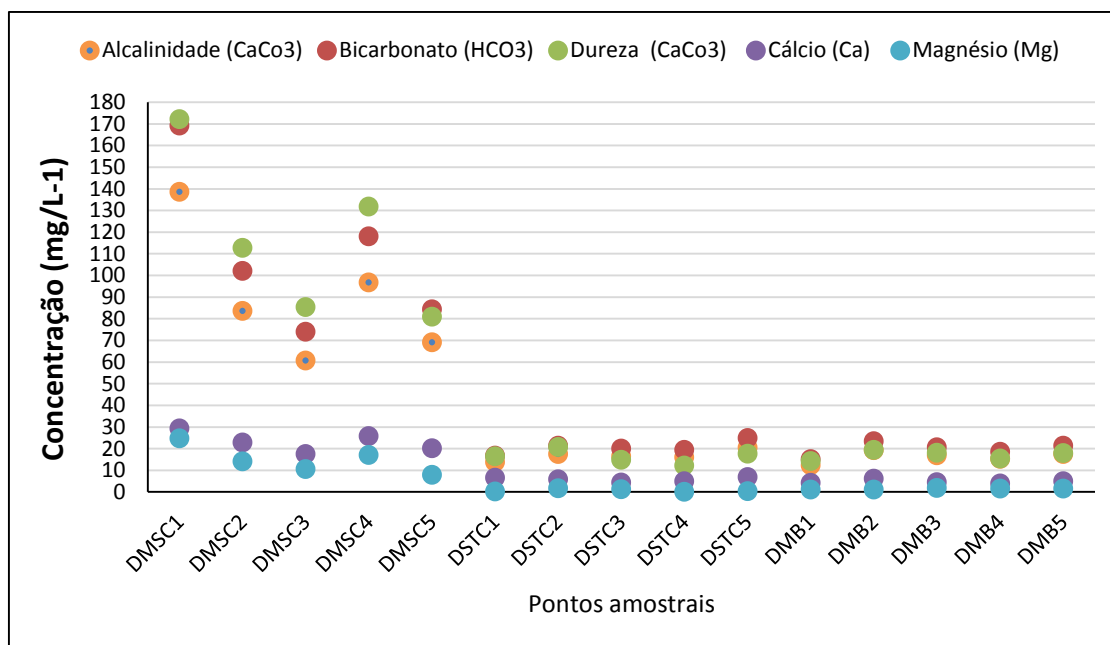


Figura 7 – Parâmetros físico-químicos da água que podem ter influenciado na abundância de Aeglidae. DMSC – domínio metassedimentar carbonático; DSTC – domínio sedimentar terrígeno- carbonático; DMB – domínio magmático básico. (RAMOS et al., 2016).

A Tabela 3 apresenta uma síntese da preferência de alguns grupos taxonômicos que foi possível relacionar a sua abundância com o tipo de substrato de fundo e o tipo de regime de fluxo, que ocorrem nos pontos amostrados.

Tabela 3 – lista dos organismos bentônicos e suas preferências com relação ao tipo de substrato de fundo e tipo de regime de fluxo.

GRUPO TXONÔMICO	SUBSTRATO FUNDO	TIPO DE FLUXO
DIPTERA		
Simuliidae	blocos/matacões	turbulento
Chironomidae	silto-arenoso	laminar
Blephariceridae	blocos/matacões	turbulento
EPHEMEROPTERA		
Baetidae	silto-arenoso	turbulento
PLECOPTERA		
Perlidae	blocos/matacões	turbulento
Grypopterygidae	blocos/matacões	turbulento
TRICHOPTERA		
Hydropsychidae	blocos/matacões	turbulento
Glossosomatidae	blocos/matacões	turbulento
ODONATA	silto-arenoso	laminar
COLEOPTERA		
Elmidae	silto-arenoso	turbulento
HETEROPTERA	silto-arenoso	turbulento

GRUPO TXONÔMICO	SUBSTRATO FUNDO	TIPO DE FLUXO
GASTROPODA		
Physidae	blocos/matacões	turbulento
BIVALVIA		
Curculidae	silto-arenoso	laminar
CRUSTACEA		
Aeglidae	silto-arenoso	turbulento

Com relação à estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, com base na distribuição dos grupos funcionais, foi constatado que no DMB houve maior abundância relativa de coletores (72,16%). Este resultado foi favorecido pela grande abundância de Simuliidae e de Elmidae que contribuíram com 66,45% e 18,53% (respectivamente) dos coletores encontrados neste domínio (Tabela 4)

Tabela 4 – Abundância absoluta dos grupos funcionais no domínio metassedimentar carbonático (DMSC), domínio sedimentar terrígeno-carbonático (DSTC) e domínio magmático básico (DMB).

Grupo funcional	Abundância absoluta	Abundância relativa (%)		
		DMSC	DSTC	DMB
COLETOR	5973	41,95	65,96	72,16
FILTRADOR	1000	22,04	6,59	12,17
FRAGMENTADOR	540	18,34	5,42	3,59
PREDADOR	308	6,53	2,86	3,14
RASPADOR	1191	11,12	19,15	8,92
TOTAL	9012	100	100	100

Nos demais domínios geológicos a abundância de Simuliidae foi baixa, com exceção de um ponto amostral no domínio sedimentar terrígeno-carbonático (DSTC5) que apresentou alta abundância destes organismos, representando 45,13% dos coletores para este domínio. A família Elmidae também foi abundante em DSTC3 e DSTC5. Conforme destacado anteriormente, as características do substrato do leito dos rios e o regime de fluxo que ocorrem nos pontos amostrados no DMB e nos pontos DSTC3 e DSTC5, podem contribuir para o sucesso no estabelecimento destas famílias.

Os filtradores foram mais representativos no domínio metassedimentar carbonático onde totalizaram 22,04% dos grupos funcionais encontrados. A distribuição deste grupo também pode ser

atrelada as características geológicas do sedimento, que são oriundos de rochas carbonáticas, com predomínio de sedimento silto-arenoso.

Os fragmentadores apresentaram baixa abundância relativa em todos os domínios geológicos. A maior representatividade deste grupo foi registrada no DMSC (18,34%) seguido do DSTC (5,42%) e por último o DMB (3,59%). Estes organismos dependem essencialmente de matéria orgânica particulada grossa alóctone (CUMMINS et al., 2005). Entre os fragmentadores mais representativos no estudo, destaca-se o crustáceo da família Aeglidae que apresentou maior abundância no DMSC1, onde além da presença de folhiço no leito do rio, as características físico-químicas da água, determinadas pelas rochas carbonáticas, provavelmente contribuíram para esse resultado. Outro fragmentador que merece destaque é Griptopterygidae que foi mais representativo no ponto DSTC5 e pode ser atribuído a boa condição da vegetação ciliar. Graça et al. (2015) destacam que a geologia e o clima influenciam na atividade de decomposição foliar interferindo na distribuição dos fragmentadores que, juntamente com os coletores, são os principais consumidores em rios florestados (CHESHIRE, 2005).

Os predadores apresentaram baixa abundância em todos os pontos amostrais. Este resultado corrobora outros estudos realizados no Brasil, que também registraram poucos organismos deste grupo funcional (MOULTON & MAGALHÃES, 2003; GONÇALVES et al., 2006; SILVEIRA et al., 2006; OLIVEIRA & NESSIMIAN, 2010).

A influência das características do sedimento de fundo na distribuição dos grupos funcionais também ficou evidenciada nos resultados obtidos para aos raspadores. Era esperado que estes grupo fosse mais abundante no DMB. Entretanto sua maior concentração foi registrada no DSTC (19,5%). Este resultado foi influenciado pela presença deste grupo no ponto amostral DSTC3, que contribuiu com 94% dos raspadores encontrados neste domínio. Tal situação possivelmente esteja associada a ocorrência de fundo composto por lajes de folhelhos que podem ter contribuído com a disponibilidade de algas aderidas a este substrato, proporcionando recurso alimentar para esses organismos. Oliveira & Nessimian (2010) também encontraram alta abundância em substrato rochoso, em ambientes de correnteza.

O resultado da análise de agrupamento com a abundância dos grupos funcionais, evidenciou a semelhança entre os pontos amostrados no DMB (DMB1 a DMB5) com dois pontos no DSTC (DSTC3 e DSTC5). Na Figura 8 é possível verificar que o dendograma gerado através da análise de

similaridade separou os pontos amostrados em dois grandes grupos, sendo um formado por todos os pontos do DMB mais DSTC3 e DSTC5 e outro onde se agruparam todos os pontos do DMSC e os demais pontos do DSTC.

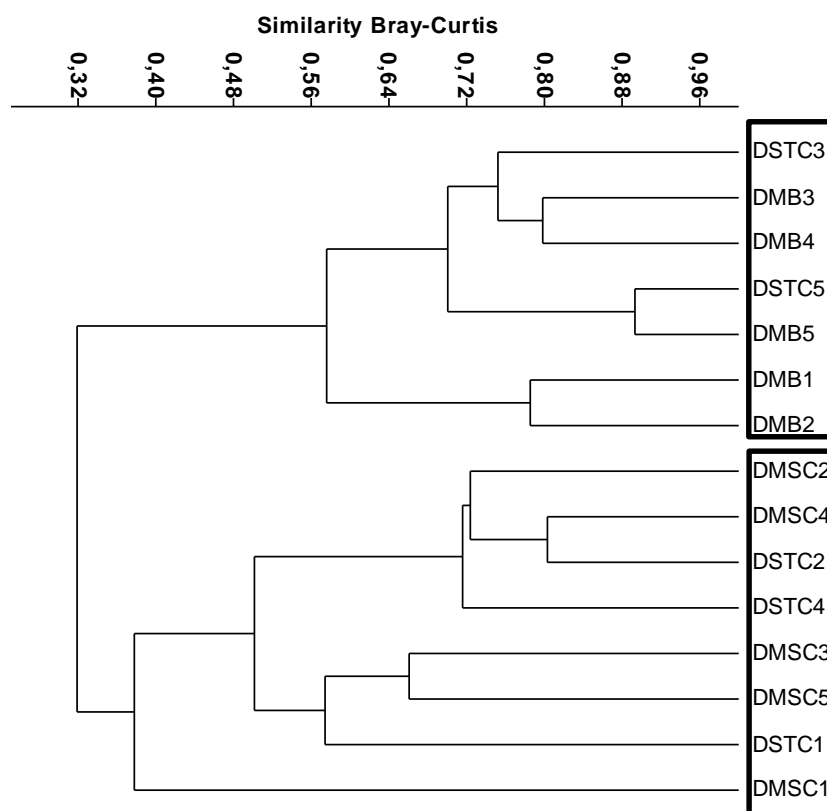


Figura 8 – Dendrograma demonstrando o agrupamento dos pontos amostrais com relação a abundância dos grupos funcionais nos domínios geológicos avaliados (DMSC – domínio metassedimentar carbonático; DSTC – domínio sedimentar terrígeno-carbonático; DMB – domínio magmático básico).

As características dos parâmetros físico-químicos da água também apresentaram variação entre os domínios geológicos. Os parâmetros que apresentaram diferença estatística significativa foram: alcalinidade (CaCO_3), bicarbonato (HCO_3), dióxido de carbono (CO_2), acidez (CaCO_3), sólidos totais dissolvidos (STD), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (k), condutividade elétrica e pH.

A avaliação da composição química da água através da análise de cluster (Distância Euclideana) também demonstrou clara diferenciação entre os pontos amostrados no domínio metassedimentar carbonático. O dendrograma gerado análise (Figura 9) demonstra graficamente a maior semelhança entre os pontos amostrados no domínio sedimentar terrígeno-carbonático e os pontos localizados no domínio magmático básico. Tal resultado se deve ao quimismo das águas das

microbacias estudadas que, conforme demonstrado por Ramos et al. (2016) são influenciadas pelas rochas que deram origem a esses rios.

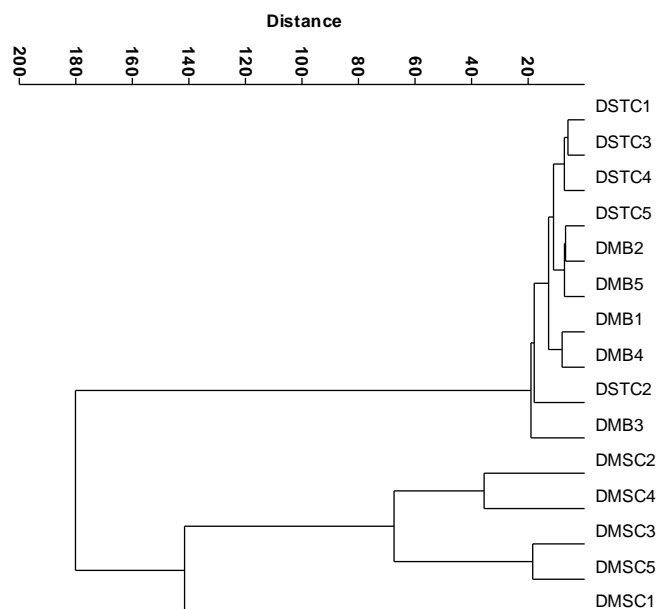


Figura 9 - Dendrograma demonstrando o agrupamento (Distância Euclidiana) dos pontos amostrais com relação a composição química das amostras de água superficial, obtidas nos pontos amostrais inseridos no domínios geológicos avaliados (DMSC – domínio metassedimentar carbonático; DSTC – domínio sedimentar terrígeno-carbonático; DMB – domínio magmático básico).

A análise granulométrica do sedimento fluvial demonstrou predominância do substrato arenoso em todos dos pontos amostrais, enquanto que silte e argila apresentaram maior quantidade no DSTC. Os seixos foram mais representativos no DMSC e os grânulos no DMB (Tabela 5).

Tabela 5 – Resultado da análise granulométrica do sedimento fluvial.

Pontos amostrais	Seixos (%)	Granulos (%)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)
DMSC1	0	0	86,80	8,07	5,13
DMSC2	25,65	34,58	39,77	0	0
DMSC3	0	17,03	71,02	7,47	4,48
DMSC4	32,10	0	67,90	0	0
DMSC5	70,7	11,86	3,73	11,11	2,39
DSTC1	0	1,65	98,35	0	0
DSTC2	0	8,77	47,57	35,3	8,36
DSTC3	0	9,05	49,08	23,3	18,57
DSTC4	0	0,03	59,20	35,73	5,05
DSTC5	0	0,03	99,97	0	0
DMB1	0	15,57	84,43	0	0

Pontos amostrais	Seixos (%)	Granulos (%)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)
DMB2	0	9,7	52,58	19,06	18,67
DMB3	22,30	19,83	57,87	0	0
DMB4	27,69	15,3	57,01	0	0
DMB5	0	10,45	56,66	16,03	16,87

Legenda: DMSC – domínio metassedimentar carbonático; DSTC – domínio sedimentar terrígeno-carbonático; DMB – domínio magmático básico.

Cabe destacar que os procedimentos laboratoriais da granulometria dos sedimentos não englobam a presença de matações e blocos que ocorrem no DMB. Entretanto, foi útil na detecção de material silto-arenoso, que pode ser associado a presença dos organismos bentônicos filtradores que, geralmente são encontrados neste tipo de substrato.

O resultado da análise de ordenação NMDS (Figura 10) mostrou que as variáveis que foram mais importantes na composição da comunidade de invertebrados bentônicos nos diferentes domínios geológicos foram: presença de matações e blocos (MB), porcentagem de área florestada (FLO) e tipo de regime de fluxo (FLU).

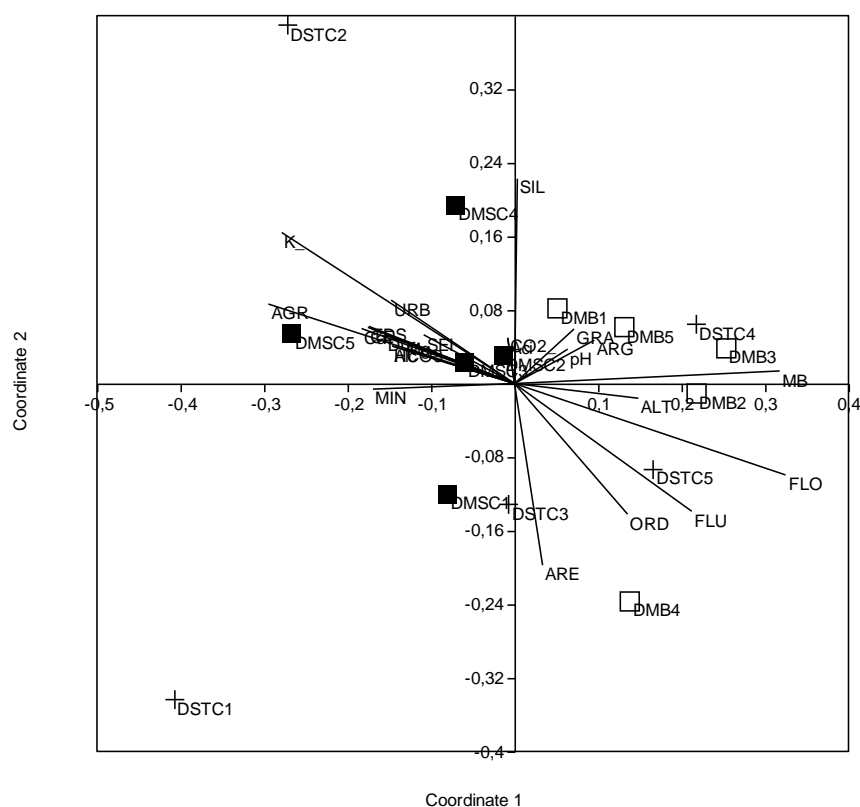


Figura 10 – Gráfico representado o resultado da análise de ordenação NMDS (Non metric dimensional scaling) realizada com 24 variáveis ambientais e 47 famílias de macroinvertebrados bentônicos, distribuídos em 15 pontos amostrais. DMSC – domínio metassedimentar carbonático; DSTC – domínio sedimentar terrígeno-carbonático; DMB – domínio magmático básico. (SIL- silte, ARE- areia, SEI- seixo, GRA – granulo; AGR- agricultura, URB- urbano, MIN – mineração, FLO – florestado; FLU – tipo de fluxo.; ORD – ordem, ALT – altitude).

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nos permite concluir que a macrofauna bentônica nas microbacias avaliadas foram influenciadas pelos domínios geológicos, corroborando nossa hipótese. Sendo que, os principais fatores geológicos que contribuíram na estrutura e composição dos organismos bentônicos, foram àqueles relacionados aos parâmetros físico-químicos da água, tipo de substrato no leito e tipo de regime de fluxo dos rios.

A avaliação da estrutura da comunidade bentônica, através da distribuição dos grupos funcionais, apresentou forte relação com as características do substrato rochoso. A presença de blocos e matacões transportados pelo elevado fluxo, entre as nascentes até os locais das amostragens, contribuem na construção de microhabitats diversificados, gerando condições favoráveis para a maior ocorrência de organismos bentônicos.

Apesar de os raspadores terem apresentado maior abundância no domínio sedimentar terrígeno-carbonático (DSTC), esse resultado deve ser interpretado com cautela pois, a alta abundância de raspadores em um único ponto amostral deste domínio, pode ser relacionada com a composição do local amostrado (lajes e folhelhos) que podem ter influenciado no sucesso de estabelecimento desse grupo, de forma similar ao que ocorreu no DMB. Os demais pontos amostrados no DSTC, o substrato de fundo é predominantemente silto-arenoso e tal característica dificulta o estabelecimentos desses grupos.

Os cursos d'água inseridos no domínio metassedimentar carbonático mostrou-se mais homogêneo com relação ao tipo de substrato de fundo (arenoso) e regime de fluxo (baixa energia), característica determinadas pelo predomínio das rochas carbonáticas. Enquanto que, os pontos amostrais alocados no domínio sedimentar terrígeno-carbonático apresentaram canais com características mais semelhantes com as encontradas no DMB, culminando em uma maior similaridade da fauna entre esses domínios.

Nossos resultados nos permitem sugerir que, os procedimentos de uso dessa fauna para avaliar a qualidade ecológica das águas superficiais, devem considerar os tipos de rochas que ocorrem na bacia hidrográfica a ser avaliada. Não devendo ser utilizados como locais de referência, aqueles que não possuam características de substrato de fundo e tipos de fluxo similares, para evitar

interpretações errôneas. Mesmo que a área considerada como referência, esteja na mesma bacia hidrográfica, deve-se verificar se há alterações nas condições geológicas.

Atualmente, diversas linhas de pesquisa buscam entender a ecologia de macroinvertebrados bentônicos e sua resposta a alterações antrópicas. Como se trata de uma comunidade que apresenta grande diversidade e está presente em todos os ambientes aquáticos, ainda são necessárias novas pesquisas que contribuam com informações sobre estes organismos em diferentes domínios geológicos. Este estudo abrangeu três compartimentações geomorfológicas no Estado do Paraná que apresentam características geológicas distintas. Entretanto, é necessária cautela na extrapolação desses resultados, uma vez que, nosso estudo não inclui a totalidade das diversas condições geomorfológicas e diversidade geológica que ocorrem no Paraná. Assim, sugerimos que pesquisas desta natureza sejam replicadas em outras compartimentações geomorfológicas no Estado do Paraná (Planície Litorânea e Serra do Mar) e em outros estados brasileiros.

Os dados aqui apresentados sobre a geologia local, padrões físico-químicos da água, tipo de leito e de fluxo de rios subtropicais, juntamente com as condições ecológicas locais, contribuem com informações inéditas para a região de estudo e reforça a importância da multidisciplinariedade na determinação de procedimentos para aplicação em biomonitoramento de águas superficiais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da UFPR e a CAPES pelo auxílio logístico e financeiro que contribuiu para o desenvolvimento do projeto. Aos técnicos dos laboratórios da UFPR (LAMIR, LABSED e LPH) pela realização dos procedimentos analíticos e auxílio na interpretação dos resultados.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A.N. 1969. Um conceito de Geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. São Paulo: IGEOG-USP. Série Geomorfologia, 18.
- ALLAN, D.J, CASTILLO, M. M. 2007; Stream ecology: structure and function of running waters. Springer Science & Business Media, 436p.
- APHA, AWWA, WEF (2010) Standard Methods for examination of water and wastewater". 22nd ed. Washington: American Public Health Association; 1360 pp.
- BAPTISTA, D.F. 2008. Uso de Macroinvertebrados em Procedimentos de Biomonitoramento em Ecossistemas Aquáticos. Oecologia Brasiensis. V. 12, n. 13, p. 425-441.
- BERG, M. B. 1995. Larval food and feeding behaviour. In The Chironomidae (pp. 136-168). Springer Netherlands.
- BOUCHARD, R.W. JR. 2004. Guide to Aquatic Invertebrates of the Upper Midwest. Identification Manual for Students, Citizen Monitors, and Aquatic Resource Professional. University of Minnesota.
- BOND-BUCKUP, G.; BUCKUP, L. 1994. A família Aeglidæ (Crustacea, Decapoda, Anomura). Arquivos de zoologia, 32(4), 159-346.
- BUCKUP, L., BUENO, A.A.P., BOND-BUCKUP, G., CASAGRANDE, M.; MAJOLO F. 2007. The benthic macroinvertebrate fauna of highland streams in southern Brazil: composition, diversity and structure. Rev. Bras. Zool., vol. 24, no. 2, p. 294-301.
- CARRIE, R.; DOBSON, M.; BARLOW, J. 2015. The influence of geology and season on macroinvertebrates in Belizean streams: implications for tropical bioassessment. Freshwater Science, 34(2), 648-662.
- CARVALHO, A. L.; J. L. NESSIMIAN. 1998. Odonata do Estado do Rio de Janeiro, Brasil: Hábitats e hábitos das larvas, p. 3-28. In: J. L. Nessimian & A. L. Carvalho (ed.). Ecologia de Insetos Aquáticos. Series Oecologia Brasiliensis Vol. V. Rio de Janeiro, PPGEUFRJ, xvii+309 p.
- CALLISTO, M., MORENO, P., BARBOSA, F.A.R. 2001. Habitat diversity and benthic functional trophic groups at serra do cipó, southeast Brazil. Rev. Brasil. Biol., 61(2): 259-266.
- CHESHIRE, K. I. M.; BOYERO, L. U. Z.; PEARSON, R. G. 2005. Food webs in tropical Australian streams: shredders are not scarce. Freshwater Biology, 50(5), 748-769.
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia fluvial: o canal fluvial. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.
- COSTA, J.M., SOUZA, L.O.I., LOURENÇO, A.N. 2004. Chave para Famílias e Gêneros das larvas de Odonata citadas para o Brasil: Comentários e Registros Bibliográficos (Insecta: Odonata). Publicações Avulsas do Museu Nacional, vol. 80, p. 1-27.

- CUMMINS, K.W., MERRITT, R. W. & ANDRADE, P.C.N. 2005. The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. *Studies in Neotropical Fauna and Environment*, 40(1): 69-89.
- Elliott, J. M. 2008. The ecology of riffle beetles (Coleoptera: Elmidae). *Freshwater Reviews*, 1, 189-203.
- ESTEVEZ, F. A. 1998. Fundamentos de limnologia. Rio de Janeiro: Interciencia: FINEP,. 575 p.
- FROELICH, C. G. 1981. Plecoptera, p. 86-87. In: S. H. HUBERT; G. RODRIGUEZ & N. D. SANTOS (Edit.). *Aquatic Biota of Tropical South America. Part. 1. Arthropoda*.
- GONÇALVES, J.F., GRAÇA, M.A.; CALLISTO, M., 2006. Leaf-litter breakdown in 3 streams in temperate, mediterranean, and tropical Cerrado climates. *Journal of North American Benthological Society*, vol. 25, no. 2, p. 344-355.
- GRAÇA, M. A., FERREIRA, V., CANHOTO, C., ENCALADA, A. C., GUERRERO-BOLAÑO, F., WANTZEN, K. M., & BOYERO, L. 2015. A conceptual model of litter breakdown in low order streams. *International Review of Hydrobiology*, 100(1), 1-12.
- GUERRA, A.J.T, CUNHA, S.B. 1998. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 3. Ed. Rio De Janeiro: Bertrand. Brasil.
- HAMADA, N., NESSIMIAN, J. L., & QUERINO, R. B. 2014. Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia. Manaus: Editora do INPA, 724.
- HAMMER, O., HARPER, D., & Ryan, P. D. 2003. PAST-Paleontological Statistics ver. 1.12. Disponível em: <https://folk.uio.no/ohammer/past/>. Acesso em 12 mai de 2013.
- HERING, D.; VERDONSCHOT, P.F.M; MOOG, O.; SANDIN, L. 2004. Overview and application of the AQEM assessment system; Integrated Assessment of Running Waters in Europe. *Hydrobiologia*, 516: 1-20.
- IAPAR – INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Cartas climáticas do estado do Paraná. Londrina/PR, 2000. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>. Acesso em 09 dez 2015.
- KLEINE, P. A. N. D.; TRIVINHO-STRIXINO, S. 2005. Chironomidae and other aquatic macroinvertebrates of a first order stream: community response after habitat fragmentation. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 17(1), 81-90.
- LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. **Numerical ecology**. 2.ed. Amsterdam: Elsevier, 1998.
- LOUREIRO, R. C., URBIM, F. M., TONELLO, G., RESTELLO, R. M., & HEPP, L. U. 2015. Larvas de griptopterygidae (insecta, plecoptera) associadas a fragmentação de detritos foliares em riachos subtropicais. *Perspectiva, Erechim*. v. 39, n.145, p. 61-71
- MAGNI, S. T.; PY-DANIEL, V. 1989. *Aegla platensis* Schmitt, 1942 (Decapoda: Anomura) a predator of Simuliidae immature stages (Diptera: Culicomorpha). *Revista de Saúde Pública*, 23(3), 258-259.

- MERRITT, R.W.; K.W. CUMMINS. 1996. An introduction to the aquatic insects of North America. Dubuque, Kendall/Hunt, 3rd ed., 722p.
- MILESI, S. V.; BIASI, C.; RESTELLO, R. M.; HEPP, L. U. 2009. Distribution of benthic macroinvertebrates in Subtropical streams (Rio Grande do Sul, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, 21(4), 419-429.
- MOORE, R.D, RICHARDSON, J.S. 2003. Progress towards understanding the structure, function, and ecological significance of small stream channels and their riparian zones. *Canadian Journal of Forest Research*. 33(8): 1349-1351.
- MORETTI, MS.; CALLISTO, M. 2005. Biomonitoring of benthic macroinvertebrates in the middle Doce River watershed. *Acta Limnol. Bras.*, vol. 17, no. 3, p. 267-281.
- MOULTON, T.P.; MAGALHÃES, S.A.P. 2003. Responses of leaf processing to impacts in streams in Atlantic Rain Forest, Rio de Janeiro, Brazil - a test of the Biodiversity-ecosystem Functioning relationship? *Brazilian Journal of Biology*, vol. 63, no. 1, p. 87-95.
- MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. 2010. Manual de identificação de macroinvertebrados Aquáticos do estado do Rio de Janeiro: Technical Books, 176 p.
- OLIVEIRA, A. L. H. D.; NESSIMIAN, J. L. 2010. Spatial distribution and functional feeding groups of aquatic insect communities in Serra da Bocaina streams, southeastern Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 22(4), 424-441.
- PÉREZ, G.R .1996. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia, Argentina. 217 p.
- POFF, H.L., ALLAN, D., BAIN, M.B., KARR, J.R., PRESTEGAARD, K.L., RICHTER, B.D., SPARKS, R.E.; STROMBERG, J.C. 1997. The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. *Bioscience*, Washington DC: v. 47, n. 11, p. 769-784.
- RAMOS, S. M., GIUSTI, D. A.; ROSA FILHO, E. F. 2016. Relationship between geological domain and physicochemical parameters in lotic system. *RBRH*, 21(4), 882-893.
- SALLES, F.F. 2006. A ordem Ephemeroptera no Brasil (Insecta): taxonomia e diversidade. Ph.D. Thesis, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil, 300p.
- SILVA, D., DEBACHER, N. A., DE CASTILHOS JUNIOR, A. B.; ROHERS, F. 2010. Caracterização físico-química e microestrutural de conchas de moluscos bivalves provenientes de cultivos da região litorânea da Ilha de Santa Catarina. *Quim. Nova*, 33(5), 1053-1058.
- SILVEIRA, M.P.; BUSS, D.F.; NESSIMIAN, J.L.; BAPTISTA, D.F. 2006. Spatial and temporal distribution of benthic macroinvertebrates in a southeastern Brazilian river. *Brazilian Journal of Biology*, vol. 66, no. 2B, p. 623-632.
- SOUZA, H. M. D. L.; CABETTE, H. S.; JÜEN, L. 2011. Baetidae (Insecta, Ephemeroptera) of Cerrado streams in the state of Mato Grosso, Brazil, under different levels of environmental preservation. *Iheringia. Série Zoologia*, 101(3), 181-190.

TRIVINHO-STRIXINO, S.; SILVA, F. L.; VALENTE-NETO, F. 2012. First record of larvae of Chironomidae (Insecta, Diptera) as prey of *Temnocephala* sp. (Platyhelminthes, Temnocephalidae), an ectosymbionton larvae of Corydalidae (Megaloptera). *Revista Brasileira de Entomologia* 56(3): 387–389.

VIANNA, G. J. C.; MELO, A. L. 2002. Aquatic Heteroptera as host of *Temnocephala* Blanchard (Platyhelminthes: Temnocephalidae) in Minas Gerais, Brazil. *Lundiana* 3(2):151-153.

**CAPITULO 3 – DIAGNÓSTICO DA COMUNIDADE BENTÔNICA NO
ÂMBIENTO DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA PONTE SOBRE O RIO
CORRENTE, CORRENTINA, BA.**

Este artigo foi submetido a Revista Brasileira de Gestão Ambiental em Novembro/2016 e está em fase de avaliação.

Diagnóstico da comunidade bentônica no âmbito do licenciamento ambiental da ponte sobre o rio Corrente, Correntina - BA

Diagnostic of the benthic community in the environmental licensing of the bridge over Corrente river, Correntina – BA- Brazil

Sandra Martins Ramos¹, Donizeti Antonio Giusti², Carlos Aurélio Nadal³, Eduardo Ratton⁴

Resumo: O objetivo deste artigo é apresentar a interpretação e os resultados obtidos no diagnóstico da macrofauna bentônica do rio Corrente, realizado durante elaboração do EIA/RIMA da ponte projetada sobre o rio Corrente, município de Correntina, na diretriz da BR-135/BA. As coletas foram realizadas em agosto de 2013 (período de estiagem) e janeiro de 2015 (período chuvoso). Para a amostragem da macrofauna bentônica foram determinados dez pontos amostrais distribuídos ao longo do rio Corrente, abrangendo trechos a montante e a jusante da implantação do empreendimento. No momento da coleta da macrofauna bentônica foram aferidos os seguintes parâmetros: profundidade do canal (m), pH, temperatura da água (°C), oxigênio saturado (%) e oxigênio dissolvido (mg/L). Os parâmetros abióticos que apresentaram maior variação entre os períodos amostrais foram: pH (menores valores no período de chuva), temperatura da água e OD (mais elevados no período de maior pluviosidade). A estrutura e composição da macrofauna bentônica variou com a sazonalidade e refletiu nos resultados da aplicação no índice BMWP' na avaliação biológica da qualidade da água. Os dados sobre a qualidade ambiental do rio Corrente, apresentados neste trabalho poderão contribuir para embasar futuras pesquisas nas áreas de ecologia, conservação e manutenção dos recursos hídricos.

Palavras-chaves: Macroinvertebrados bentônicos, recursos hídricos, estudo de impacto ambiental, obras de arte especiais, legislação ambiental.

Abstract: The aim of this paper is to present the interpretation and results in the diagnosis of benthic macroinvertebrates of the river current carried out during preparation of the EIA / RIMA of the projected bridge over the river current, municipality of Correntina, in highway BR-135 / BA. Samples were collected in august 2013 (dry season) and january 2015 (rainy season). For the sampling of benthic macroinvertebrates were determined ten sampling points distributed along the river current, covering portions upstream and downstream of the implementation of the project. At the time of collection of benthic macroinvertebrates were measured the following parameters: channel depth (m), pH, water temperature (° C), saturated oxygen (%) and dissolved oxygen (mg/L). Abiotic parameters that showed greater variation between the sampling periods were: pH (lower values in the rainy season), water temperature and OD (higher in the higher rainfall period). The structure and composition of benthic macroinvertebrates varied with seasonal and reflected in the application of results BMWP' index in the biological assessment of water quality. Data on the environmental quality of the river current, presented in this paper will contribute to support further research in the areas of ecology, conservation and maintenance of water resources.

Key words: Benthic macroinvertebrates, water resources, environmental impact study, bridge, environmental legislation.

*Sandra Martins Ramos

Recebido para publicação em XX/XX/XXX; aprovado em XX/XX/XXXX

¹ Bióloga, Doutoranda no Curso de Pós-Graduação em Geologia, UFPR - Curitiba – PR - 41-9534-8613 - sandramos_bio@yahoo.com.br.

² Geólogo, Mestre e Dr em Geociências, Pós-doutor em Hidrogeologia - UFPR – donizeti@ufpr.br

³ Engenheiro Civil, Mestre e Dr em Ciências Geológicas - UFPR - cnadal@ufpr.br

⁴ Engenheiro Civil, Mestre e Dr em geotecnia - UFPR - raton.eduardo@gmail.com

INTRODUÇÃO

Conforme preconizado na Resolução nº 1 de 1986 do CONAMA os empreendimentos lineares, tais como rodovias, incluindo obras de artes especiais (pontes), são considerados potencialmente poluidores e sujeitos ao processo de licenciamento ambiental para sua implantação e/ou manutenção.

Para empreendimentos rodoviários com significativo impacto ambiental regional ou nacional, a Lei complementar nº 140/2011 determina que o processo de licenciamento ambiental seja realizado em âmbito federal, no qual a competência como órgão licenciador federal é do Instituto Brasileiro do meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA).

O licenciamento ambiental é realizado em três etapas distintas, para cada fase do empreendimento. Sendo que, a primeira fase consiste na solicitação da Licença Prévia (LP) no momento de planejamento do empreendimento, a segunda é a Licença de Instalação (LI) que refere-se a liberação para execução das obras e por fim, a Licença de Operação (LO), que consiste na autorização para o funcionamento e operação do empreendimento.

No processo de licenciamento ambiental o empreendedor deve desenvolver instrumentos de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) que possibilitarão o delineamento de propostas de medidas mitigadoras, programas de monitoramento e demais ações necessárias para identificar os possíveis danos ambientais (PIMENTA et al., 2014).

Cabe ao órgão licenciador emitir termo de referência com qual tipo de estudo que deve ser apresentado pelo empreendedor para obtenção das referidas licenças ambientais. Entre os tipos de estudos que podem ser solicitados destaca-se: Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA); Plano Básico Ambiental (PBA); Plano de Controle Ambiental (PCA); Relatório de Controle Ambiental (RCA); e quando couber, Plano de Recuperação de áreas Degradadas.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 237/1997 o EIA/RIMA deve ser solicitado para obras consideradas efetivas e potencialmente causadoras de significativa degradação ao meio ambiente como: projeto e construção de rodovias, ferrovias, hidrovias, aeroportos, portos e terminais de minérios, petróleo e produtos químicos.

O EIA deve contemplar: diagnóstico ambiental da área de influência do empreendimento; análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas locais; definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos e potencializadoras para os positivos; e Programas de acompanhamento e monitoramento. O RIMA é uma versão resumida, objetiva e de fácil compreensão do EIA para ser avaliado por diversos atores da sociedade.

A construção da ponte sobre o rio Corrente é parte integrante do projeto de pavimentação da BR-135/BA, que está inserido no programa de pavimentação e revitalização da rodovia, uma obra do governo federal, realizada pelo Ministério dos Transportes e executada pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT com recursos do PAC – Plano de Aceleração do Crescimento.

Para o licenciamento ambiental da referida ponte o órgão licenciador (IBAMA) solicitou elaboração de EIA/RIMA e emitiu termo de referência ao empreendedor (DNIT). O Instituto Tecnológico de Transportes e

Infraestrutura (ITTI) da Universidade Federal do Paraná através de Termo de Cooperação firmado com o empreendedor desenvolveu o referido estudo.

No âmbito do diagnóstico ambiental para elaboração do EIA/RIMA da ponte sobre o rio Corrente foi realizado o levantamento da macrofauna bentônica, antes da implantação do empreendimento para caracterização da estrutura da comunidade bentônica e avaliação da qualidade da água na área de influência do empreendimento.

No EIA/RIMA da ponte sobre o rio Corrente (UFPR/ITTI, 2014) foi destacado que o principal impacto sobre o meio biótico aquático a ser considerado, restringe-se a fase de instalação do empreendimento e refere-se as características da água, que pode sofrer alterações temporárias durante a implantação das fundações (estacas e blocos) dos pilares, a serem executados dentro do canal do rio. Esta ação poderá conduzir sedimentos à jusante do local da ponte e ocasionar modificações na água tais como, aumento na turbidez e concentração de sólidos totais dissolvidos que poderão interferir na estrutura da comunidade bentônica, além da contaminação por combustível oriundo das perfuratrizes e outras máquinas.

O objetivo deste artigo é apresentar os resultados obtidos no diagnóstico da macrofauna bentônica do rio Corrente, realizado durante a elaboração do EIA/RIMA da ponte a ser construída sobre o referido rio, na diretriz da BR-135/BA.

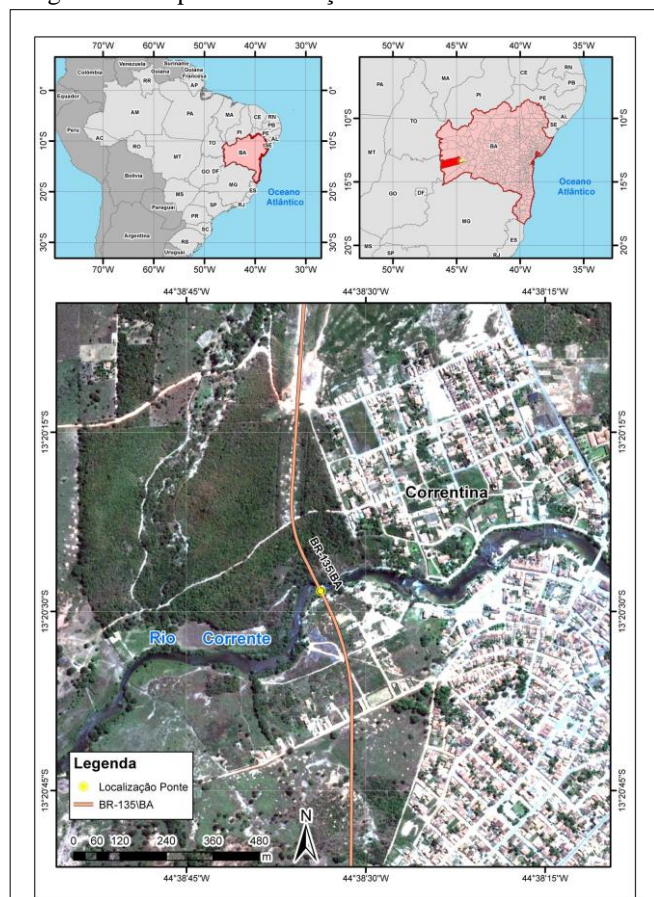
ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se na região oeste do estado da Bahia, no município de Correntina, (Figura 1). Conforme a classificação de Köppen o clima na região é do tipo AW, tropical de savana, caracterizado por inverno seco e verão chuvoso (LIMA et al., 2003). A precipitação média anual para a bacia hidrográfica do rio Corrente é de 700mm a 1.400mm, com ocorrência das chuvas no período de início de outubro até o mês de abril. Nos meses de maio a setembro praticamente não há ocorrência de chuvas, sendo caracterizado com o período seco. Nos meses de novembro a janeiro ocorrem o maior volume de precipitação. A temperatura média anual é de 24°C.

A bacia hidrográfica do rio Corrente encontra-se inserida no bioma Cerrado Sentido Restrito, com ocorrência de espécies xeromórficas, oligotróficas e fisionomia que varia de porte arbóreo denso ao gramíneo lenhoso. Nas margens do rio a vegetação é classificada como Floresta Estacional Semidecidual (UFPR/ITTI, 2014).

Com relação às características geológicas, na bacia hidrográfica do Rio Corrente ocorrem litologias pré-cambrianas do Embasamento Cristalino, com predomínio de gnaisses e migmatitos, granodiorito, quartzo-sienito porfirítico, diques e sills de gabro e piroxenito, veios de quartzo e pegmatito, intrusivos nas rochas do “stock” do Embasamento Cristalino o qual pode ser verificado no Mapa de Geodiversidade do Brasil (CPRM, 2006).

Figura 1 – Mapa da localização da área de estudo.



Fonte: UFPR/ITTI, 2014.

Sobre as litologias anteriormente citadas, em contato discordante, afloram xistos-quartzosos e xistos predominando muscovita-xistos, metaconglomerados, metapelitos, filitos, quartzitos, metasiltitos e rochas carbonáticas do Grupo Bambuí de idade pré-cambriana superior (ANDRADE et al., 1988). Sobrepostos a essas formações geológicas ocorre arenitos e conglomerados, quartzo arenitos e arenitos feldspáticos, variando entre muito fina a grosseira neocretácica da Formação Urucuaia (SGARBI et al. 2001). Depósitos de sedimentos quaternários (Formação Chapadão) na região estão representados por coberturas aluvionares, coluvionares e eluvionares de acordo com Campos e Dardenne (1997) e referem-se à: planícies de inundação; retrabalhamentos de sedimentos da Formação Urucuaia; areias e cangas limoníticas inconsolidadas in situ, que se desenvolvem a partir dos arenitos e conglomerados pertencentes às diversas unidades fanerozoicas (DNPM, 2006).

Especificamente no trecho do Rio Corrente onde se pretende instalar a ponte da BR-135 foi mapeado rochas graníticas como base, notando-se elevado grau de esfoliação esferoidal em fase de intemperismo. Na parte inferior do curso do rio ocorre camada de cascalho com seixos de diversas litologias, predominando granito, gnaisses, quartzitos e migmatitos. Os materiais derivados do intemperismo originam solos silto-arenosos, saprólitos e litólicos dependendo das condições mineralógicas, texturais e disposição em relação ao relevo. Os depósitos quaternários que ocorrem na área, são relacionados à grande e ampla distribuição horizontal/territorial dos materiais inconsolidados, derivados do intemperismo das rochas parentais da região, e do sistema erosivo-deposicional desenvolvidos pelas principais drenagens

da região sobre granitos, gnaisses, migmatitos, quartzitos, quartzo, canga limonítica, xistos e outros metassedimentos (UFPR/ITTI, 2014).

MATERIAL E MÉTODOS

A seleção dos pontos para as amostragens da macrofauna bentônica foi definida a partir de planejamento prévio, considerando a área de influência direta do empreendimento para o meio biótico, características do canal fluvial favoráveis para aplicação do método de coleta e condições de acesso. Foram determinados dez pontos amostrais distribuídos ao longo do rio Corrente, abrangendo trechos a montante e a jusante da implantação do empreendimento (Tabela 1).

Tabela 1 – Localização geográfica e distância (em metros) até o eixo da ponte dos pontos amostrais distribuídos a montante (M) e a jusante (J) do empreendimento no rio Corrente – Correntina – Bahia.

Ponto amostral	Distância até o eixo da ponte (m)	Coordenadas Geográficas (UTM)
Ponto 1 - M	2047	537165 m E 8524890 m S
Ponto 2 - M	1787	537383 m E 8524913 m S
Ponto 3 - M	1619	537530 m E 8525019 m S
Ponto 4 - M	1029	537924 m E 8524632 m S
Ponto 5 - M	778	538153 m E 8524748 m S
Ponto 6 - M	370	538439 m E 8524954 m S
Ponto 7 - J	63	538640 m E 8525068 m S
Ponto 8 - J	395	539012 m E 8525177 m S
Ponto 9 - J	2514	540568 m E 8525871 m S
Ponto 10 - J	11874	547634 m E 8526169 m S

Legenda: M- Montante; J – Jusante.

As coletas foram realizadas em agosto de 2013 (período de estiagem) e janeiro de 2015 (período chuvoso).

Os organismos presentes no sedimento não consolidado foram coletados através do método *kick-sampling*, utilizando coletor tipo *kick* com malha de 0,05mm. Este método que consiste em posicionar o coletor contra a correnteza e com auxílio dos pés, movimentar o material do fundo do canal, que é carregado pela água para dentro do coletor.

As amostragens foram realizadas em triplicata, buscando abranger os diferentes substratos existentes nos pontos amostrais. Em campo foi realizada a triagem dos organismos que foram fixados em álcool 70%, acondicionados em recipientes plásticos, devidamente identificados e transportados até o laboratório para identificação.

A identificação dos organismos bentônicos foi realizada com auxílio de microscópio estereoscópio e chaves de identificação apropriadas para cada grupo, buscando alcançar o menor nível taxonômico possível. Anelídeos foram identificados ao nível de classe, aracnídeos ao nível de família, moluscos e insetos ao nível de gênero.

No momento da coleta da macrofauna bentônica foram aferidos os seguintes parâmetros limnológicos: profundidade do canal (m), pH, temperatura da água (°C), oxigênio saturado (%) e oxigênio dissolvido (mg/L).

A análise estatística dos dados abióticos e bióticos foram realizadas no software estatístico Past versão 3.07. Para a análise variância (ANOVA) foi adotado o nível de confiança de 95%.

Para avaliação biológica da qualidade da água, foi utilizado o índice biótico BMWP' - Biological Monitoring

Working Party System (LOYOLA, 2000). O índice BMWP' pontua as famílias da macrofauna bentônica conforme sua tolerância a poluição.

A pontuação varia de 1 a 10, sendo que as famílias mais tolerantes recebem as menores pontuações e as mais sensíveis, pontuações mais altas. A somatória final corresponde a classificação da qualidade da água (ALBA-TERCEDOR & SÁNCHEZ-ORTEGA, 1988). A Tabela 2 apresenta a classificação, conforme a pontuação obtida no BMWP'.

Tabela 2 - Classes de qualidade de água e significado dos valores do BMWP'.

Classe	Qualidade	Valor	Significado
I	Ótima	>150	Águas prístinas (muito limpas)
II	Boa	101 – 120	Águas não poluídas, sistema perceptivelmente não alterado
III	Aceitável	61 – 100	Evidentes efeitos moderados de poluição
IV	Duvidosa	36 – 60	Águas poluídas (sistemas alterados)
V	Poluída	16 – 35	Águas muito poluídas (sistemas muito alterados)
VI	Muito poluída	< 15	Água fortemente poluída (sistema fortemente alterado)

FONTE: Alba-Tercedor e Sánchez-Ortega (1988).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

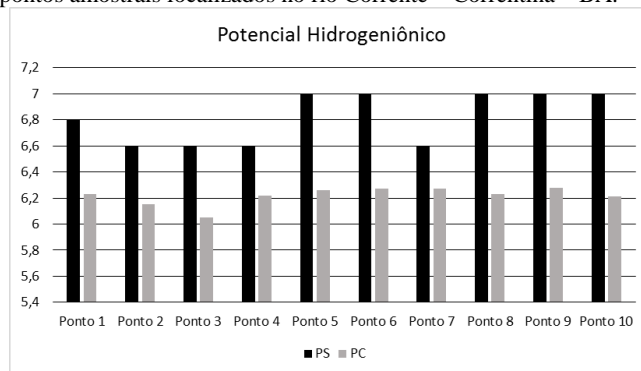
Parâmetros abióticos

A análise de variância (ANOVA One Way) demonstrou que não houve diferença estatística significativa entre os períodos de estiagem e chuvoso para a profundidade do canal nos pontos amostrados ($p>0,05$). A profundidade mínima no período de estiagem foi de um metro e a máxima de dois metros. No período chuvoso a mínima foi 0,8 m e a máxima 2,5 (m). A baixa variação na profundidade da lâmina d'água do rio Corrente é resultado da presença do aquífero Urucuia na região que mantém um escoamento de base e atua como função regularizadora semelhante ao que ocorrem em reservatórios (BAHIA, 1995).

Foi encontrada diferença estatística significativa na variação do potencial hidrogeniônico ($p<0,01$). Este parâmetro variou entre 6,6 a 7,0 na época seca e 6,05 a 6,28 na época chuvosa, conferindo um caráter neutro para a água do rio Corrente. Conforme demonstrado na Figura 2 os valores mais baixos para o pH foram registrados no período chuvoso.

Ao contrário do que foi encontrado neste estudo, em Minas Gerais, Fia et al. (2015) registraram redução do pH em período de estiagem em um rio urbano e associaram essa redução a maior concentração de matéria orgânica oriunda de esgoto doméstico no período de menor vazão do rio.

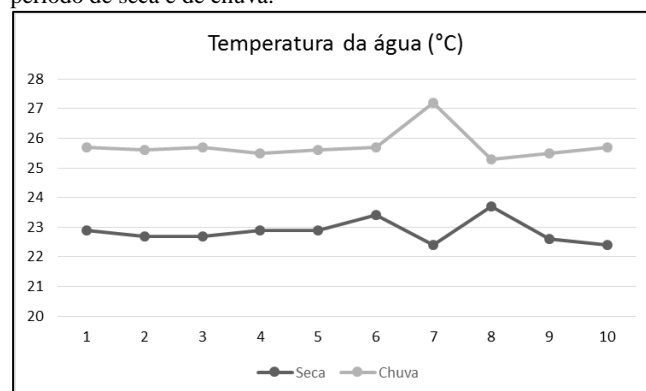
Figura 2 - Distribuição dos valores para pH da água registrados nos pontos amostrais localizados no rio Corrente – Correntina – BA.



Legenda: PS – período de seca; PC – período chuvoso.

A variação na temperatura da água entre os períodos amostrais também foi significativa ($p < 0,01$). Os maiores valores foram registrados no período de chuva, que coincide com o verão na região (Figura 3).

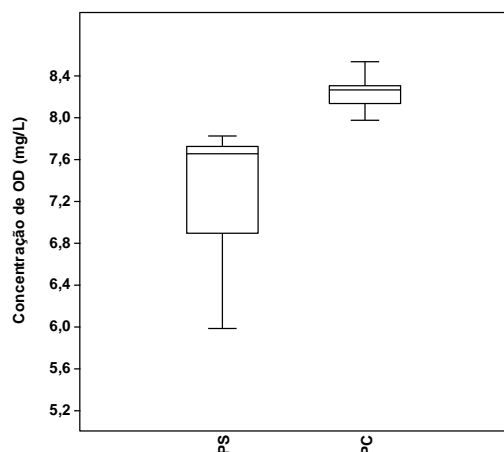
Figura 2 - Distribuição dos valores para pH da água registrados nos pontos amostrais localizados no rio Corrente – Correntina – BA, no período de seca e de chuva.



A concentração de oxigênio saturado na água variou entre 69% a 90,8% nos pontos no período de seca e se manteve em 100% em todos os pontos amostrais na época chuvosa. Enquanto que, o oxigênio dissolvido (OD) apresentou concentração superior ao mínimo estipulado pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas da Classe 2 (5 mg/L), a qual se enquadra o rio Corrente. As maiores concentrações para OD foram registradas no período chuvoso conforme pode ser verificado na Figura 4. Houve diferença estatística significativa para este parâmetro entre os períodos de coleta ($p<0,01$).

A quantidade de oxigênio na água é um dos principais elementos que atua como fator limitante no estabelecimento e na manutenção da biodiversidade aquática. Baixas concentrações deste elemento geralmente estão relacionadas a alterações na qualidade da água. Em estudo realizado por Bem et al. (2015) no rio Iguaçu, a concentração de OD registrada foi abaixo do preconizado pela legislação vigente na região metropolitana de Curitiba – PR, em pontos que recebem esgoto *in natura* ou que se encontram em área com precário sistema de saneamento.

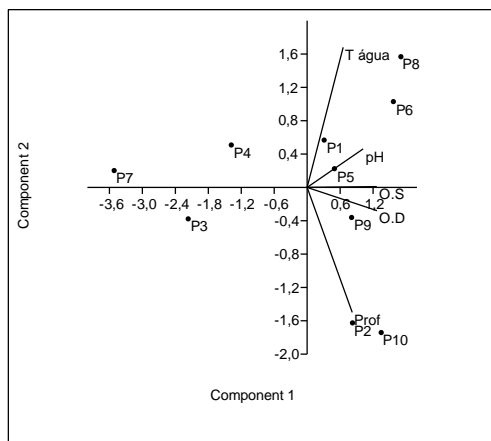
Figura 3 – Distribuição da concentração de oxigênio dissolvido na água registrada nos pontos amostrais localizados no rio Corrente – Correntina – BA.



Legenda: A mediana é representada pela linha horizontal no interior da caixa e os valores mínimos e máximos nas linhas horizontais inferior e superior, respectivamente. PS – período de seca; PC – período chuvoso.

A análise multivariada de componentes principais (ACP) realizada com os parâmetros abióticos obtidos durante o período de seca demonstrou que o primeiro eixo explicou 61,85 % da variação encontrada e teve como principais fatores determinantes a temperatura da água e a profundidade do canal (Figura 5).

Figura 4 – Diagrama da análise de componentes principais realizada com dos parâmetros físico-químicos da água obtidos no período de seca.



Legenda: Prof - Profundidade do canal; T água - Temperatura da água;; pH - potencial hidrogeniônico; O.S - Oxigênio saturado; O.D - Oxigênio dissolvido.

Macrofauna bentônica

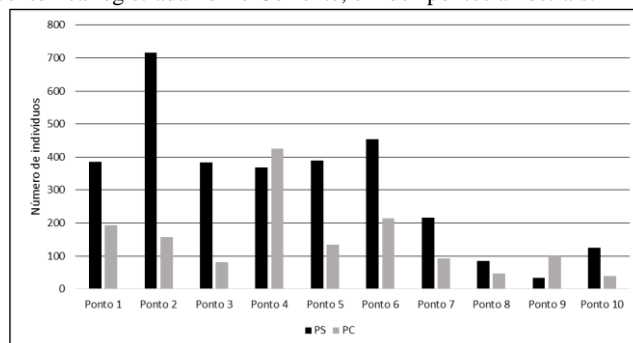
Foram identificados 4643 organismo bentônicos. A amostragem realizada no período de estiagem contribuiu com 68% dos organismos coletados durante o período de estudo. Maior abundância de Macroinvertebrados durante estação seca tem sido relatada por outros autores (PELÁEZ-RODRÍGUEZ, MATSUMURA-TUNDISI e TRIVINHO-STRIXINO, 2012).

A classe insecta foi dominante em ambos períodos amostrais, contribuindo com 95% no período de estiagem e

94% no período chuvoso. Estes resultados corroboram outros estudos que apontam predominância de insetos na comunidade bentônica de ambientes lóticos (JIANG et al., 2014).

Foi identificado através da análise de variância que houve diferença estatística significativa entre os períodos amostrais para a abundância ($p < 0,05$) e para a riqueza de taxa ($p < 0,01$), sendo que ambos foram mais altos no período de estiagem. Conforme pode ser observado na Figura 6, a maior abundância de indivíduos foi registrada no Ponto 2, no período de seca ($n = 716$) e a menor no Ponto 9, no mesmo período ($n = 34$), quando também foi encontrada a maior riqueza de taxa (55).

Figura 5 - Distribuição da abundância de indivíduos da macrofauna bentônica registrada no rio Corrente, em dez pontos amostrais.

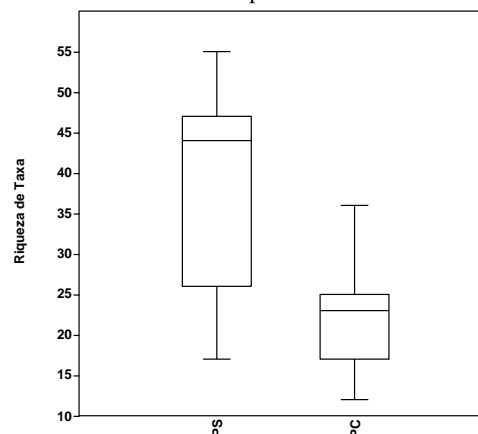


Legenda: PS – período de seca; PC – período chuvoso.

O período de maior pluviosidade contribuiu para redução de organismos na maioria dos pontos amostrais que consequentemente culminou em menor riqueza de taxa (Figura 7). Neste período a menor riqueza de taxa foi registrada no Ponto 10.

Outros estudos também relatam diferença na comunidade bentônica com relação a variação sazonal e atribuem a maior disponibilidade de alimento (LINARES; FACCIONI e FREITAS, 2014) e menor probabilidade de carreamento dos organismos pelo fluxo d'água.

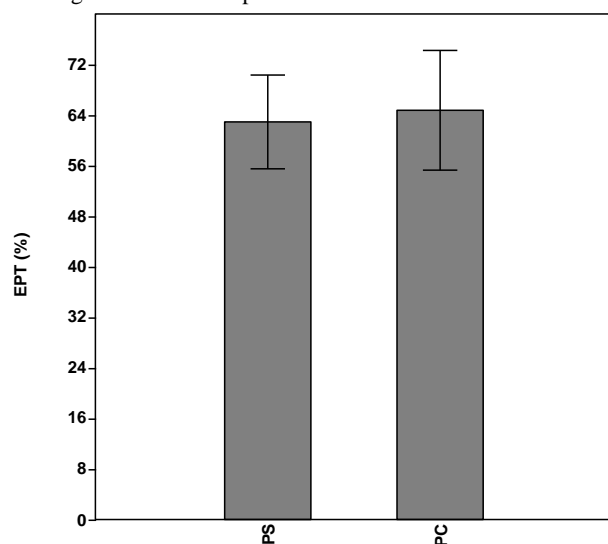
Figura 6 - Distribuição da riqueza de taxa da macrofauna bentônica registrada no rio Corrente em dez pontos amostrais.



Legenda: A mediana é representada pela linha horizontal no interior da caixa e os valores mínimos e máximos nas linhas horizontais inferior e superior, respectivamente. PS – período de seca; PC – período chuvoso.

O percentual de organismos integrantes do grupo EPT (ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) foi maior do que 50% em todos os pontos amostrais (Figura 8) sugerindo que, as águas do rio Corrente não encontram-se poluídas pois, este grupo tem sido apontado como indicadores de boa qualidade de água e sua abundância tende a diminuir com o aumento de alterações negativas nas características ambientais (HEPP e SANTOS, 2009; FERREIRA et al., 2014).

Figura 7 – Valores para média de desvio padrão para o percentual de EPT registrados nos dez pontos amostrais.



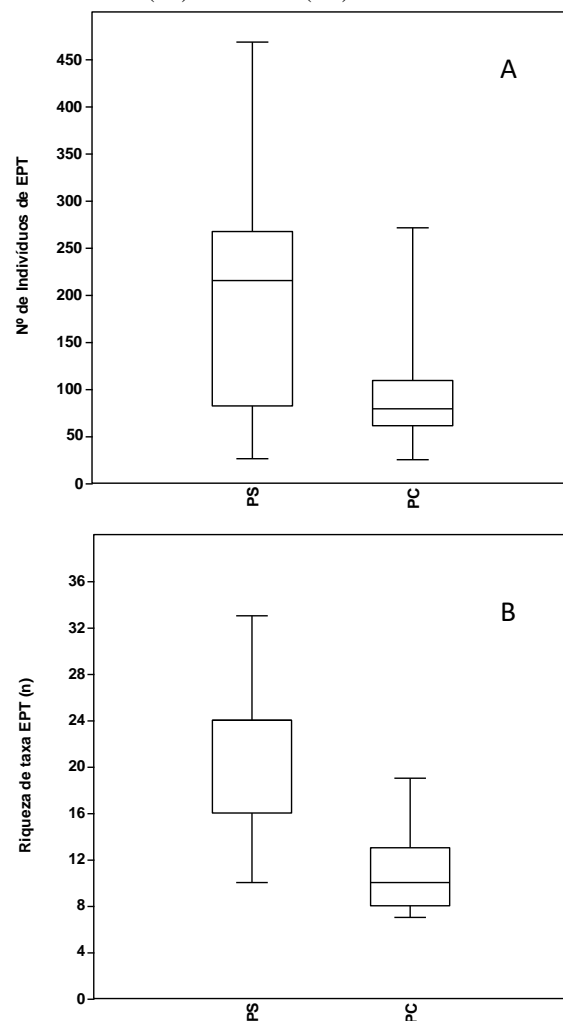
Legenda: PS – período de seca; PC – período chuvoso.

A abundância e a riqueza de taxa do grupo EPT apresentaram diferença estatística significativa entre os períodos amostrais e foi maior no período de estiagem. Sendo que ambas as métricas foram mais elevadas no período de seca (Figura 9 A e B, respectivamente).

Segundo Yokoyama et al. (2012) estudos realizados no bioma cerrado apontam para forte influência da sazonalidade na comunidade bentônica. Em contradição a esta informação, Sousa et al. (2014), em estudo realizado no município de Uberlândia (cerrado) não encontraram variação significativa na comunidade de EPT com relação a sazonalidade ambiental e assim como Guimarães et al. (2009) atribuíram parte da estabilidade da assembleia de EPT à presença de mata ciliar, que segundo os autores, contribui para amenizar alterações no regime de fluxo devido a fortes chuvas.

Conforme pode ser observado na Figura 10, ao analisar a abundância relativa das ordens que compõe o grupo EPT, verifica-se que apenas a ordem Trichoptera apresentou maior percentual no período de chuva. As ordens Ephemeroptera e Plecoptera foram mais representativas no período de seca. Algumas espécies da ordem Trichoptera, em seu estágio imaturo, vivem intimamente associadas ao substrato, enquanto que outras espécies vivem associadas a casulos que limitam sua mobilidade e por isso, podem levar mais tempo para recolonização após distúrbios oriundos de aumento de vazão (BISPO et al., 2001).

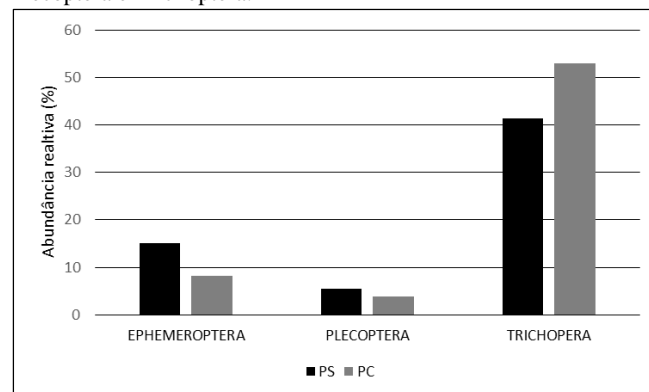
Figura 8 - Distribuição da abundância de organismos do grupo EPT (A) e Riqueza de taxa de EPT (B) registrados nos dez pontos amostrais no período de seca (PS) e de chuva (PC).



Legenda: A mediana é representada pela linha horizontal no interior da caixa e os valores mínimos e máximos nas linhas horizontais inferior e superior, respectivamente. PS – período de seca; PC – período chuvoso.

Assim, nossos resultados sugerem que no rio Corrente, as chuvas no período do estudo não causaram alterações significantes na vazão ao ponto de influenciar na comunidade de trichópteros.

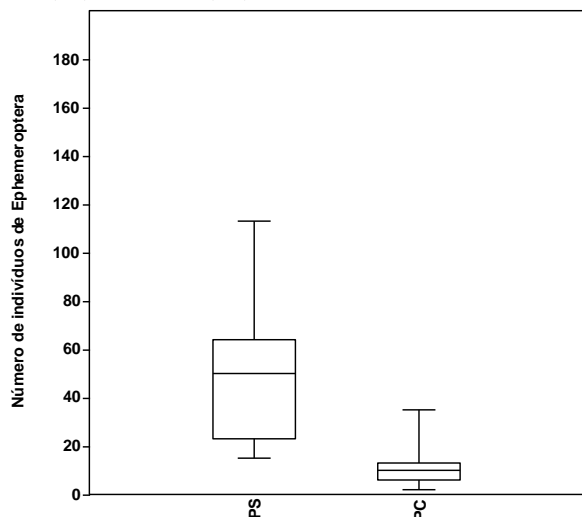
Figura 10 – Abundância relativa das ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera.



Legenda: PS – período de seca; PC – período chuvoso.

Na análise da variação das ordens integrantes do grupo EPT, verificou-se que para Ephemeroptera houve diferença significativa entre os períodos de coleta ($p < 0,001$) com relação a abundância de indivíduos e a riqueza de taxa (Figura 11).

Figura 11 - Distribuição da abundância de indivíduos da ordem Ephemeroptera registrada nos dez pontos amostrais no período de seca (PS) e de chuva (PC).

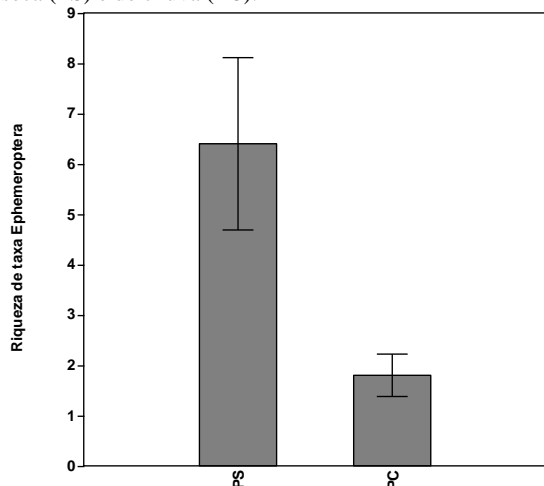


Legenda: A mediana é representada pela linha horizontal no interior da caixa e os valores mínimos e máximos nas linhas horizontais inferior e superior, respectivamente.

No período de menor pluviosidade foi registrado o maior número de indivíduos, assim como também, a maior riqueza de taxa dessa ordem conforme ilustrado na Figura 12.

Ainda com relação a variação do grupo EPT entre os períodos avaliados, destaca-se que apesar dos estudos de Guimarães et al. (2009) e de Sousa et al. (2014) terem sido realizado no mesmo bioma que o presente estudo (cerrado), os resultados diferem, demonstrando que indivíduos deste grupo não se apresentam de forma igualitária em locais com mesmo bioma.

Figura 12 - Valores para média de desvio padrão para a riqueza de taxa da ordem Ephemeroptera nos dez pontos amostrais no período de seca (PS) e de chuva (PC).

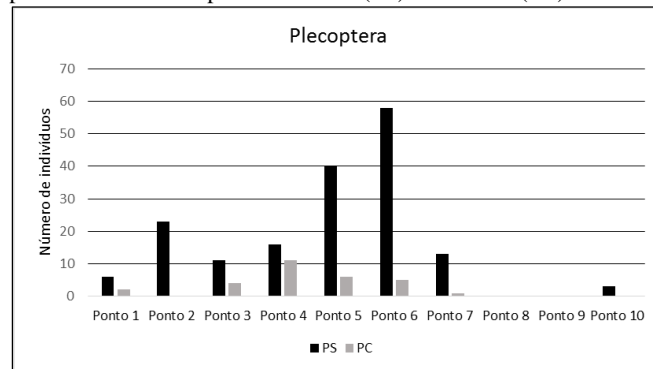


Legenda: PS – período de seca; PC – período chuvoso.

Desta forma, outros fatores devem ser considerados ao utilizar este grupo como bioindicadores. Os resultados podem ter sido influenciados pela geologia local que interfere nas características físico-químicas da água e no tipo de sedimento de fundo do canal (RAMOS, GIUSTI e ROSA FILHO, 2015).

Com relação a ordem Plecoptera, somente uma família foi registrada durante o estudo (Perlidae) que foi representada por três gêneros (Anacroneuria, Kempnyia e Macrogynoplax). No Brasil podem ser encontrados oito gêneros desta família (LECCI e FROELICH, 2006). A abundância de indivíduos desta ordem diferiu significativamente entre os períodos ($p < 0,05$) e foi maior no período de menor pluviosidade. Não foi registrada a presença de organismos desta ordem nos pontos 8 e 9 no período de estiagem e nos pontos 8, 9 e 10 no período chuvoso (Figura 13).

Figura 13 – Abundância de organismos da ordem Plecoptera nos dez pontos amostrais no período de seca (PS) e de chuva (PC).

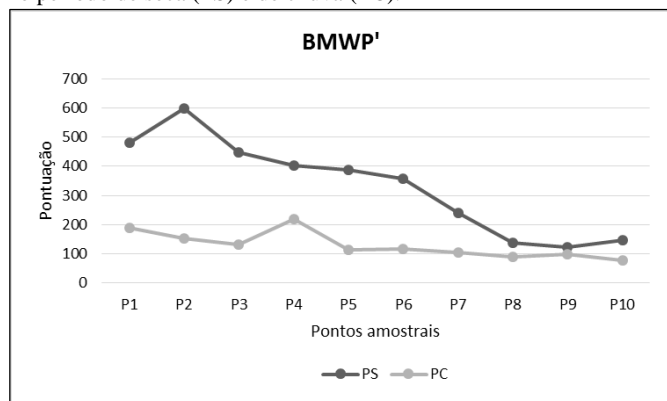


Legenda: PS – período de seca; PC – período chuvoso.

Para o período de seca a avaliação da qualidade da água através da aplicação do índice biótico BMWP' classificou a água dos pontos 1 a 7 como ótimas (águas muito limpas) e pontos 8 a 10 como Boa (águas não poluídas). No período de chuva a classificação variou entre Ótima (pontos 1, 2 e 4), Boa (ponto 3), Aceitável nos pontos 5 a 7 (águas muito pouco poluídas) e Duvidosa nos pontos 8 a 10 (evidentes efeitos moderados de poluição).

A pontuação do BMWP' para cada um dos pontos amostrais em ambos os períodos de coleta, é a apresentada na Figura 14, onde é possível observar redução dos valores de montante para jusante.

Figura 14 – Pontuação do índice BMWP' para classificação da qualidade da água dos dez pontos amostrais avaliados no rio Corrente no período de seca (PS) e de chuva (PC).



Legenda: PS – período de seca; PC – período chuvoso.

A utilização do índice BMWP' para avaliação da qualidade da água deve ser aplicada com cautela pois, este índice considera a presença da família da fauna bentônica a ser pontuada sem considerar se as condições naturais do leito do canal limitam a colonização por alguns grupos.

CONCLUSÃO

A macrofauna bentônica do rio Corrente encontrada nesta pesquisa, de caráter inédito, combinada estatisticamente com outros dados abióticos serão úteis para monitoramentos ambientais futuros, principalmente aqueles que visem avaliar alterações na qualidade da água devido a atividades antrópicas. Além disso, a divulgação destas informações sobre a estrutura e composição da fauna bentônica da região de estudo poderá contribuir para embasar futuras pesquisas nas áreas de ecologia, conservação e manutenção dos recursos hídricos.

Os resultados mostram que o uso de Macroinvertebrados bentônicos em estudos que visam obter licenciamento ambiental de obras potencialmente poluidoras, embora anteriormente aplicado no Brasil com o objetivo de identificar a qualidade ambiental de cursos hídricos que se encontram na área de influência do empreendimento, de uma maneira geral não seguem uma metodologia padrão para coleta e identificação dos organismos, como sugerido neste trabalho.

A legislação brasileira que versa sobre a classificação dos corpos hídricos, estabelece condições e padrões para lançamento de efluentes, orienta no seu Art. 8º, Parágrafo 3º que: a qualidade dos ambientes aquáticos poderá ser avaliada por indicadores biológicos, quando apropriado, utilizando-se organismos e/ou comunidades aquáticas (Resolução CONAMA 357/2005) mas, não indica quais organismos ou comunidades ou determina métodos a serem aplicados.

No estado de São Paulo a Companhia Ambiental do Estado desenvolveu e adotou o Índice de Comunidade Bentônica (ICB) para o biomonitoramento de rios e reservatórios (CETESB, 2012). No Paraná, o Instituto Ambiental do Paraná (IAP) adaptou para avaliação da qualidade da água de rios no estado o índice BMWP

(Biological Monitoring Working Party System) que foi desenvolvido na década de 1980 pela National Water Council, na Inglaterra. Este índice apresenta adaptações para outras regiões do Brasil (JUNQUEIRA e CAMPOS, 1998; MONTEIRO, OLIVEIRA e GODOY, 2008), fato que demonstra que a fauna bentônica não se distribui de forma igualitária, sendo de grande importância a divulgação de levantamentos da macrofauna bentônica de regiões diversas do país, que venham a contribuir com a aplicação desses organismos como bioindicadores de forma confiável.

Portanto, sugere-se como metodologia para a coleta da macrofauna bentônica, para os trabalhos desta natureza, a empregada neste artigo e que a aplicação de índices biológicos com estes organismos, seja utilizada com cautela, sempre em consonância com peculiaridades locais, uma vez que, fatores como geologia e geomorfologia precisam ser considerados na avaliação da distribuição desta fauna.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT) pela oportunidade de execução dos trabalhos e por poderem contribuir com o desenvolvimento da questão ambiental atrelada à execução de obras de infraestrutura de transportes; a Universidade Federal do Paraná que permitiu a participação de professores, técnicos e alunos de graduação e pós-graduação nos estudos para elaboração do EIA/RIMA da ponte projetada para ser construída sobre o rio Corrente, em Correntina – BA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBA-TERCEDOR, J. and SÁNCHEZ-ORTEGA, A., Um método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnética*, vol. 4, p. 51-56. 1988.
- BEM, C.C.; HIGUTI, J. AZEVEDO, J.C.R. Qualidade da água de um ambiente lótico sob impacto antropogênico e sua comunidade bentônica. *Revista Brasileira de recursos Hídricos*. v. 20, n. 2, p. 418-419. 2015.
- BISPO, P.C.; OLIVEIRA, L.G.; CRISCI, V.L.; SILVA, M.M. A pluviosidade como fator de alteração da entomofauna bentônica (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em córregos do Planalto Central do Brasil. *Acta Limnologica Brasiliensis*. v. 13, n. 2, p. 1-9. 2001.
- BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F.; SILVEIRA, M. P., NESSIMIAN, J. L.; DORVILLÉ, L. F. M. Influence of water chemistry and environmental degradation on macroinvertebrate assemblages in a river basin in southeast Brazil. *Hydrobiologia*. v. 481, 125–136. 2002.
- CETESB. Protocolo para o biomonitoramento com as comunidades bentônicas de rios e reservatórios do estado de São Paulo. 2012. Disponível em:

<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>. Acesso em: 30 de maio de 2016.

FERREIRA, W. R.; LIGEIRO, R.; MACEDO, D. R.; HUGHES, R. M.; KAUFMANN, P. R.; OLIVEIRA, L. G.; CALLISTO, M. Importance of environmental factors for the richness and distribution of benthic macroinvertebrates in tropical headwater streams. *Freshwater Science*. v. 33, n.3, p. 860-871. 2014.

FIA, R.; TADEU, H.C.; MENEZES, J.P.C.; FIA, F.R.L.; OLIVEIRA, L.F.C. LIMA, C.R.N.; ZEILHOFER, P.; DORES, E.; FANTIN-CRUZ, I. Qualidade de água de um ecossistema lótico urbano. *Revista Brasileira de recursos Hídricos*. v. 20, n. 1, p. 267-275. 2015.

HEPP, L.U.; SANTOS, S. Benthic communities of streams related to different land uses in a hydrographic basin in southern Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*. v. 157, p. 305-318. 2009.

JIANG, X.; SONG, Z.; XIONG, J.; XIE, Z. Can excluding non-insect taxa from stream macroinvertebrate surveys enhance the sensitivity of taxonomic distinctness indices to human disturbance? *Ecological Indicators*. v.41, p. 175-182. 2014.

LECCI, L.S.; FROEHLICH, C.G., 2006. Plecoptera. <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/plecoptera/plecindex.htm>. In: Levantamento e biologia de Insecta e Oligochaeta aquáticos de sistemas lóticos do Estado de São Paulo. Acesso em 06 de Junho de 2016.

LOYOLA, R.G.N. Atual estágio do IAP de índices biológicos de qualidade. In *Simpósio de ecossistemas brasileiros: Conservação*. ACIESP, v.1: Conservação e Duna, n.109, p.46-52. 2000.

PELÁEZ-RODRÍGUEZ M.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Water quality assessment in Ribeirão do Feijão Basin (SPBrazil) through benthic macroinvertebrate community. *Momentos de Ciencia*. V. 9 n.2, p. 89-96. 2012.

PIMENTA, A.F.F.; RATTON, E.; BLASI, G.F.; SOBANSKI, M.B.; ALBACH, D.M. Gestão para o licenciamento ambiental de obras rodoviárias. UFPR/ITTI. Curitiba – PR. 145p. 2014.

RAMOS, S.; GIUSTI, D.A.; ROSA FILHO, E.F. Influência da geologia local do quimismo de águas superficiais e de sedimentos fluviais. *XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Anais p.1-8. 2015.

UFPR/ITTI. Estudo de Impacto Ambiental. Ponte sobre o Rio Corrente, BR-135/BA Correntina/BA / Universidade Federal do Paraná; Instituto Tecnológico de Transportes e Infraestrutura. Curitiba. 2014.

YOKOYAMA, E.; PACIENCIA, G. P.; BISPO, P. C.; OLIVEIRA, L. G.; BISPO, P. C. A sazonalidade ambiental afeta a composição faunística de Ephemeroptera e Trichoptera em um riacho de Cerrado do Sudeste do Brasil? *Ambiência Guarapuava (PR)* v.8 n.1 p. 73 – 84. 2012.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As microbacias hidrográficas que foram avaliadas neste estudo, apresentam condições geológicas e geomorfológicas distintas. As águas superficiais das microbacias inseridas em domínio metassedimentar carbonático refletem a geologia local que lhes confere maiores valores para a condutividade elétrica, alcalinidade e dureza da água, assim como, concentrações mais elevadas de bicarbonato, cálcio e magnésio. Tais condições foram relacionadas com a maior abundância de moluscos bivalves e gastrópodes.

No domínio magmático básico (DMB), a maior disponibilidade de micro-habitat, devido a heterogeneidade de substratos para colonização e maior energia no regime de fluxo, proporcionou maior número de indivíduos e maior riqueza de taxas. A presença de matacões e blocos contribuíram para a maior abundância dos organismos raspadores e coletores.

As características físico-químicas da água das microbacias inseridas no domínio sedimentar terrígeno-carbonático (DSTC) foram mais similares ao encontrado no domínio magmático básico do que, com os valores registrados no domínio metassedimentar carbonático (DMSC). Assim, como as características do fundo do canal que, quando ocorre a presença de lajes possibilita a colonização de organismos que foram mais abundantes no DMB.

No domínio cristalino, no Estado da Bahia, a macrofauna bentônica amostrada ao longo do rio Corrente, foi útil para caracterizar a qualidade ambiental atual e servirá como base de comparação, em campanhas futuras, que visem identificar alterações que possam ocorrer durante a implantação da ponte sobre o rio Corrente, que sem encontra em processo de licenciamento ambiental.

Diante dos resultados obtidos, podemos inferir que para o desenvolvimento de pesquisas e aplicação de programas de monitoramento da qualidade ambiental dos recursos hídricos, é necessário considerar o tipo de domínio geológico no qual se inserem as microbacias hidrográficas. Tanto para identificar se as condições dos parâmetros físico-químicos da água, encontram-se dentro da normalidade, como no uso de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores, visto que, o tipo de substrato do canal e tipo de regime de fluxo, interferem na estrutura e composição da macrofauna bentônica.

REFERÊNCIAS

- APHA, AWWA, WEF . 2010. **Standard Methods for examination of water and wastewater**. 22nd ed. Washington: American Public Health Association; 1360 pp.
- BIGARELLA, JJ, SALAMUNI R. Estudos preliminares da Série Açungui.VIII – A Formação Capiru . **Boletim do Instituto de História Natural. Geologia**. 2:1-6. 1958.
- BRANCO, S.M. **Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária**. 2ª Ed. São Paulo: CETESB, p. 1214. 1978.
- BRASIL. Resolução nº 357. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União de 18 de março de 2005.
- BRASIL, Ministério da Saúde/Secretaria de Vigilância em Saúde. Inspeção Sanitária em Abastecimento de Água. Brasília, DF, 2007. P. 86.
- BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E.L.G.; POVINELLI, J.; NOGUEIRA, A.M. Caracterização Física, Química e Biológica da Água do Rio Mogi Guaçu. **Limnologia Fluvial**. São Carlos: Editora Rima, p. 55-76. 2003.
- CERETTA, M. C. Avaliação dos aspectos da qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena – Município de Santa Maria (RS). Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Maria. 2004.
- CONTE, M. L.; LEOPOLDO, P.R. **Avaliação de recursos hídricos: Rio Pardo, um exemplo**. São Paulo: Editora UNESP, p. 142. 2001.
- CORREIA, V. R. M.; MONTEIRO, A.M.V.; CARVALHO, M.S.; ERNECK, G.L. Uma aplicação do sensoriamento remoto para a investigação de endemias urbanas. **Cadernos Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 5. 2007.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial: o canal fluvial**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciencia: FINEP, 575 p. 1998.
- FEITOSA F.A.C.; FILHO J.M. Hidrogeologia conceitos e aplicações. **CPRM, LABHID, UFPE**. Fortaleza, 412p. 1997.
- FERNANDEZ, O. V. Q. A Classificação Fluvial de Rosgen Aplicada em Córregos da Região Oeste do Estado do Paraná. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 31. p.1-13.2016.
- FIORI, A.P.; GASPAR, L.A. Considerações sobre a estratigrafia do Grupo Açungui (Proterozóico Superior), Paraná, sul do Brasil. **Boletim do Instituto de Geociências-USP. Sér.Cient.**, 24:1-19. 1993.

FIORUCCI, A. R., FILHO, E. B. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos, Química nova escola. Nº 22 Novembro, p 10-16. 2005.

GAMA JUNIOR, E.G.A. A sedimentação do Grupo Passa Dois (exclusive Formação Irati); um modelo deomórfico. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 9, n. 1, p. 1-16, 1979.

GERTEL, P.; TAUKE-TORNISIELO, S. M.; MALAGUTTI, E.N. Qualidade das águas dos córregos São Joaquim e ribeirão Claro, bacia do rio Corumbataí-SP, Brasil. **Holos Environment**, v.3, n.2, p.103-119. 2003.

IAPAR – INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do estado do Paraná. Londrina/PR**. 2000. Disponível em:
<<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>. Acesso em 09 dez 2015.

JENKINS, R. X-Ray. **Fluorescence Spectrometry**. Second edition. New York: Wiley. 1999.

LAVINA, E. L. The Passa Dois Group. In: INTERNATIONAL GONDWANA SYMPOSIUM, 7, 1988. São Paulo. Field excursion guide book. São Paulo: Instituto de Geociências, 1988. p. 24-30. 1988.

MAACK R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro, Livraria José Olympio. Ed., 442p. 1981.

MAACK, R. Geologia e geografia da região de Vila Velha, Estado do Paraná, e considerações sobre a glaciação carbonífera no Brasil. Curitiba, Arquivos do Museu Paranaense, V: 1-305. 1946.

MERRIT, R.W, CUMMINS, K.W. **An Introduction to the Aquatic Insects of North America**. Kendall/Hunt Publishing Company. 862p. 1996.

MILANI, E.J, FRANÇA, A.B, SCHNEIDER, R.L. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da PETROBRÁS**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 69-82, jan./mar. 1994.

MINEROPAR. 2006. **Mapa Geológico do Paraná**. Disponível em: <http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/2_Geral/Geologia/PDF_Mapas_Geo_650000/Mapa_Geologico_PR_650000_2006.pdf>. Acesso em 02/03/2014.

MINEROPAR. Atlas geomorfológico do Estado do Paraná Escala base 1:250.000 modelos reduzidos, 1:500.00 / Minerais do Paraná; Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006. 63 p.; il. Disponível em:
http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/2_Geral/Geomorfologia/Atlas_Geomorforlogico_o_Parana_2006.pdf Acesso em 20 de março de 2014.

MOORE, A.A.; PALMER, M.A. Invertebrate Biodiversity in agricultural and urban headwater streams: Implications for conservation and management. **Ecological Applications**, vol. 15, nº 4, p. 1169 – 1177. 2005.

ROBINSON, C.T., TOCKNER, K., WARD, J.V. The fauna of dynamic riverine landscapes. **Freshwater Biology**, vol. 47, p. 661–677. 2002.

ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. In: D. M. Rosenberg & V. H. Resh (eds.), **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. Chapman & Hall, New York. 1993.

ROSGEN, D.L. A classification of natural rivers. **Catena**, v. 22, n. 3, p. 169-199, 1994.

SANTOS, G. V.; DIAS, H. C. T.; SILVA, A. P. S.; MACEDO, M. N. C. Análise hidrológica e sócio ambiental do córrego Romãos dos Reis, Viçosa (MG). **Revista Árvore**. n 5, v 31, p. 931-940. 2007.

SHNEIDER, R.L.; MULHMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.F.; NOGUEIRA, A. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Geologia. v1., p. 41-65. 1974.

SKOOG, D.A.; HOLLER, F.J.; NIEMAN, T. A. **Princípios de Análise Instrumental**. 5ª ed. Bookman, Porto Alegre. 2009.

SPONSELLER, R.A., BENFIELD, E.F., VALETT, H.M. Relationship between land use, spatial scale and stream macroinvertebrate communities. **Freshwater Biology**, vol. 46, p. 1409-1424. 2001.

SUGUIO, K. **Introdução à Sedimentologia**. Ed. Edgard Blucher/Ed. da Universidade de São Paulo. São Paulo. 317p. 1937.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: Rima, IIE, p. 251. 2003.

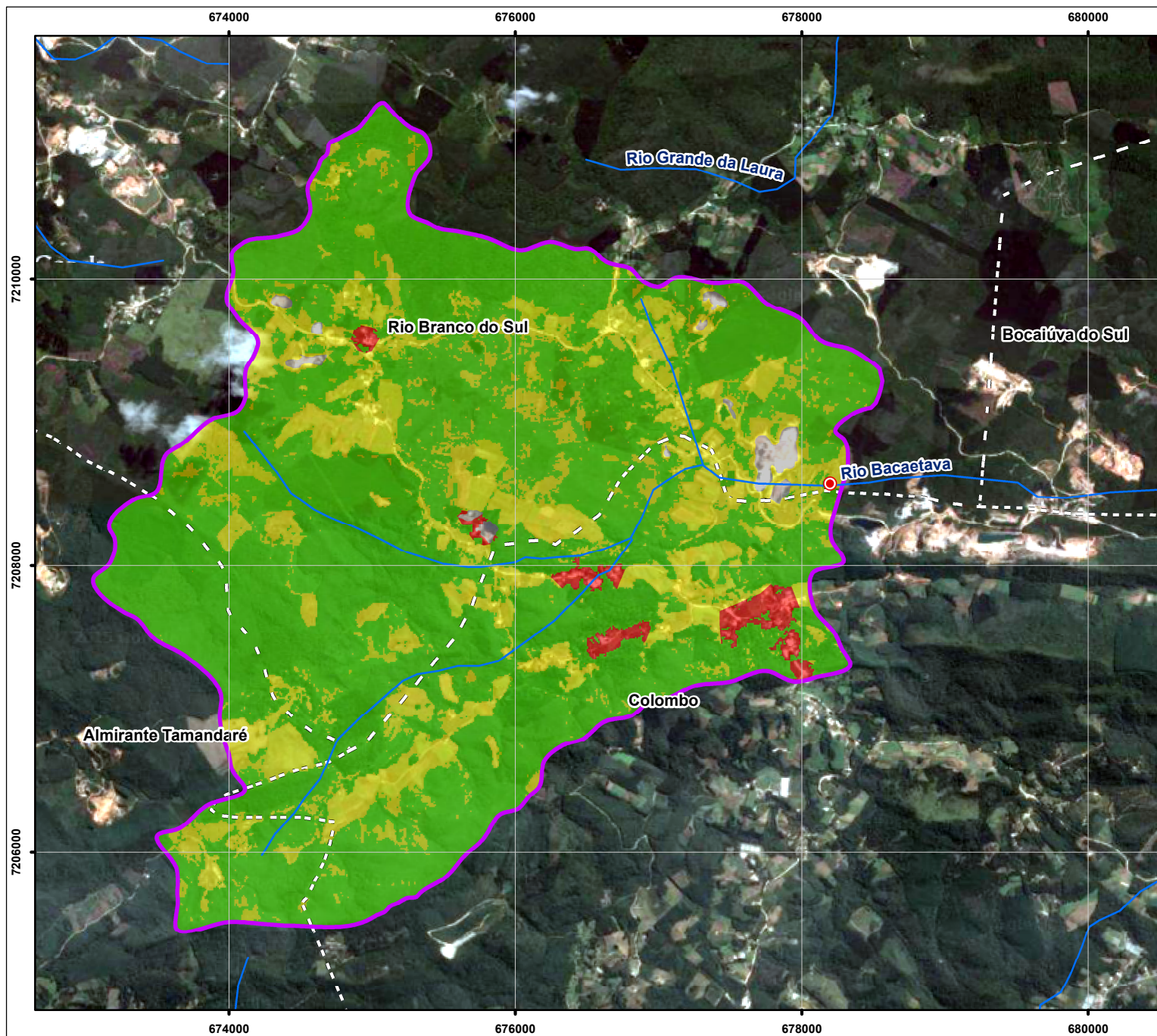
VALENTE, J.P.S.; PADILHA, P.M.; SILVA, A.M.M. Contribuição da cidade de Botucatu - SP com nutrientes (fósforo e nitrogênio) na eutrofização da represa de Barra Bonita. **Revista Eclética Química**, v 22. 1997.

VANNOTE, R.L., MISHALL, G. W., CUMMINS, K.W., SEDELL, JR., CUSHING, CE. The River Continuum Concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, vol. 37, p. 130-137. 1980.

VESELY, F.F.; TRZASKOS, B.; KIPPER, F.; ASSINE, M.L.; SOUZA, P.A. Sedimentary record of a fluctuating ice margin from the Pennsylvanian of western Gondwana: Paraná Basin, southern Brazil. **Sedimentary Geology**, 326, 45–63. 2015.

WEINSCHÜTZ, L. C.; CASTRO, J. C. Arcabouço cronoestratigráfico da Formação Mafra (intervalo médio) na região de Rio Negro/PR-Mafra/SC, borda leste da Bacia do Paraná. Rem: **Revista Escola de Minas**, 57.3: 151-156. 2004.

ANEXO I – MAPAS DE USO DO SOLO



Localização

Legenda

Ponto de Amostragem

Drenagem

Delimitação Bacia

Limite Municipal

Uso do Solo:

- Agricultura
- Mineração
- Vegetação
- Área Urbana

Unidades Geomorfológicas:

- Planícies
- Serra do mar
- Primeiro Planalto Paranaense Idade Pré - Cambiana (Grupo Açungui), corresponde principalmente ao domínio cárstico
- Segundo Planalto Paranaense Idade Paleozóica (Grupo Itararé, Guatá e Passo Dois), predominando siltitos e folhelhos
- Terceiro Planalto Paranaense Idade Mesozóica (Grupo São Bento), especialmente rochas Balsálticas da Formação Serra Geral

Informações

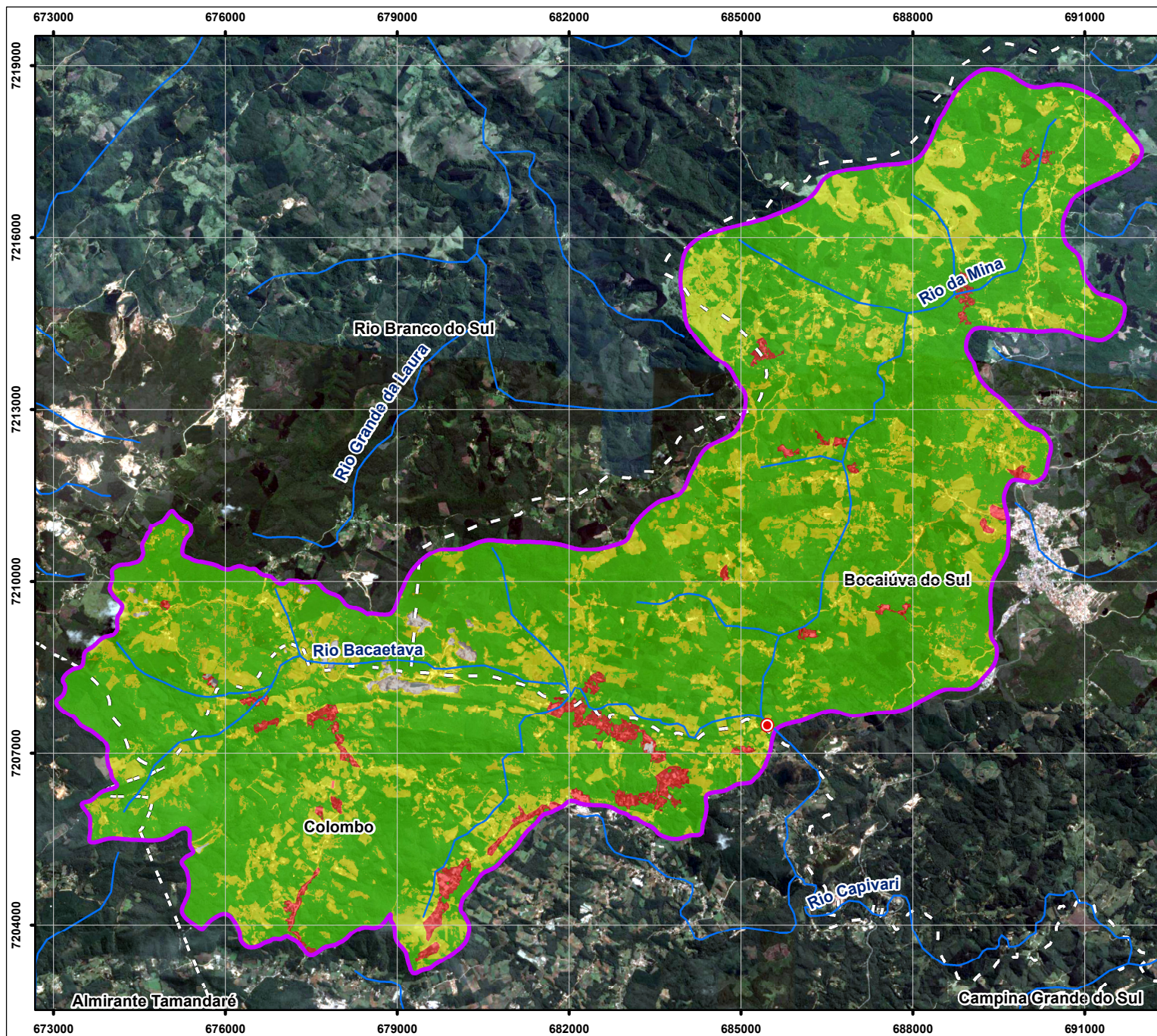
Uso do Solo	Área (km²)	Área (%)
Agricultura	4,7 km²	26%
Vegetação	12,7 km²	71%
Área Urbana	0,3 km²	2%
Mineração	0,2 km²	1%

Dados Técnicos

Datum: SIRGAS 2000 - Projeção Transversa de Mercator
Base Cartográfica: ITCG, 2010; IBGE, 2014; EMBRAPA, 2006.

Mapa de Uso do Solo - DMSC 01/05

Escala	Prancha
1 cm = 400 m	11/15



Localização

Legenda

Ponto de Amostragem

Drenagem

Delimitação Bacia

Limite Municipal

Uso do Solo:

- Agricultura
- Mineração
- Vegetação
- Área Urbana

Unidades Geomorfológicas:

- Planícies
- Serra do mar
- Primeiro Planalto Paranaense Idade Pré - Cambiana (Grupo Açungui), corresponde principalmente ao domínio cárstico
- Segundo Planalto Paranaense Idade Paleozóica (Grupo Itararé, Guatá e Passo Dois), predominando siltitos e folhelhos
- Terceiro Planalto Paranaense Idade Mesozóica (Grupo São Bento), especialmente rochas Balcálticas da Formação Serra Geral

Informações

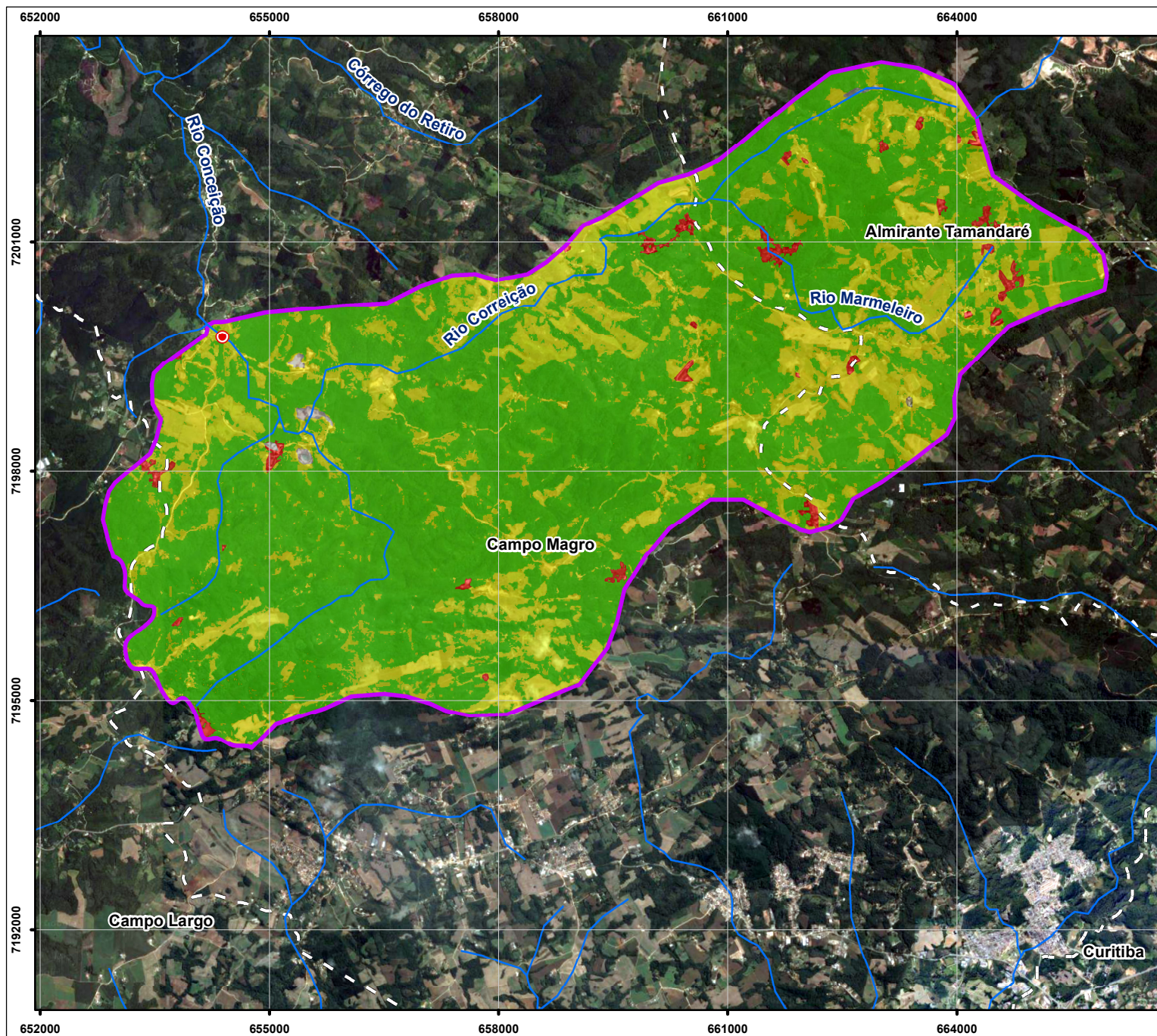
Uso do Solo	Área (km²)	Área (%)
Agricultura	32,5 km²	27%
Vegetação	83,3 km²	69%
Área Urbana	3,1 km²	3%
Mineração	0,7 km²	1%

Dados Técnicos

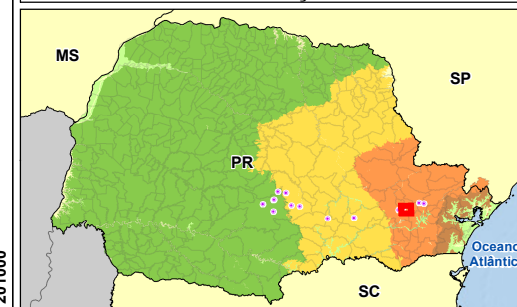
Datum: SIRGAS 2000 - Projeção Transversa de Mercator
Base Cartográfica: ITCG, 2010; IBGE, 2014; EMBRAPA, 2006.

Mapa de Uso do Solo - DMSC 02/05

Escala	Prancha
1 cm = 1.000 m	12/15



Localização



Legenda

- Ponto de Amostragem
- Drenagem
- Delimitação Bacia
- Limite Municipal
- Uso do Solo:**
- Agricultura
 - Mineração
 - Vegetação
 - Área Urbana
- Unidades Geomorfológicas:**
- Planícies
 - Serra do mar
 - Primeiro Planalto Paranaense Idade Pré - Cambiana (Grupo Açungui), corresponde principalmente ao domínio cárstico
 - Segundo Planalto Paranaense Idade Paleozóica (Grupo Itararé, Guatá e Passo Dois), predominando siltitos e folhelhos
 - Terceiro Planalto Paranaense Idade Mesozóica (Grupo São Bento), especialmente rochas Balcálticas da Formação Serra Geral

Informações

Uso do Solo	Área (km²)	Área (%)
Agricultura	17,8 km²	29%
Vegetação	41,0 km²	69%
Área Urbana	0,8 km²	1%
Mineração	0,2 km²	1%

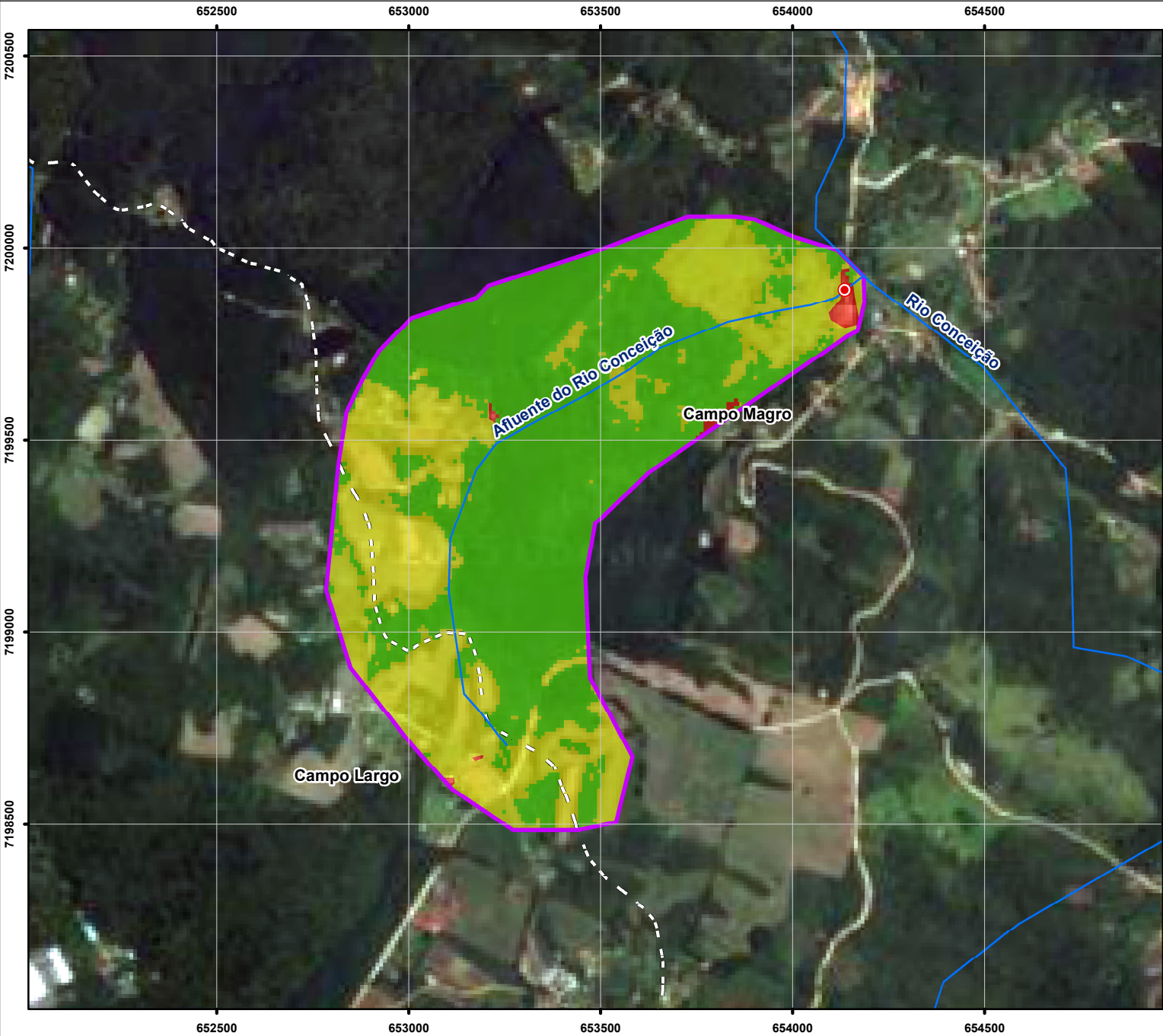
Dados Técnicos

0 2.000 4.000 m

Datum: SIRGAS 2000 - Projeção Transversa de Mercator
Base Cartográfica: ITCG, 2010; IBGE, 2014; EMBRAPA, 2006.

Mapa de Uso do Solo - DMSC 03/05

Escala	Prancha
1 cm = 750 m	1:75.000
	13/15



Localização

Legenda

Ponto de Amostragem

Drenagem

Delimitação Bacia

Limite Municipal

Uso do Solo:

- Agricultura
- Vegetação
- Área Urbana

Unidades Geomorfológicas:

- Planícies
- Serra do mar
- Primeiro Planalto Paranaense Idade Pré - Cambiana (Grupo Açungui), corresponde principalmente ao domínio cárstico
- Segundo Planalto Paranaense Idade Paleozóica (Grupo Itararé, Guatá e Passo Dois), predominando siltitos e folhelhos
- Terceiro Planalto Paranaense Idade Mesozóica (Grupo São Bento), especialmente rochas Bálticas da Formação Serra Geral

Informações

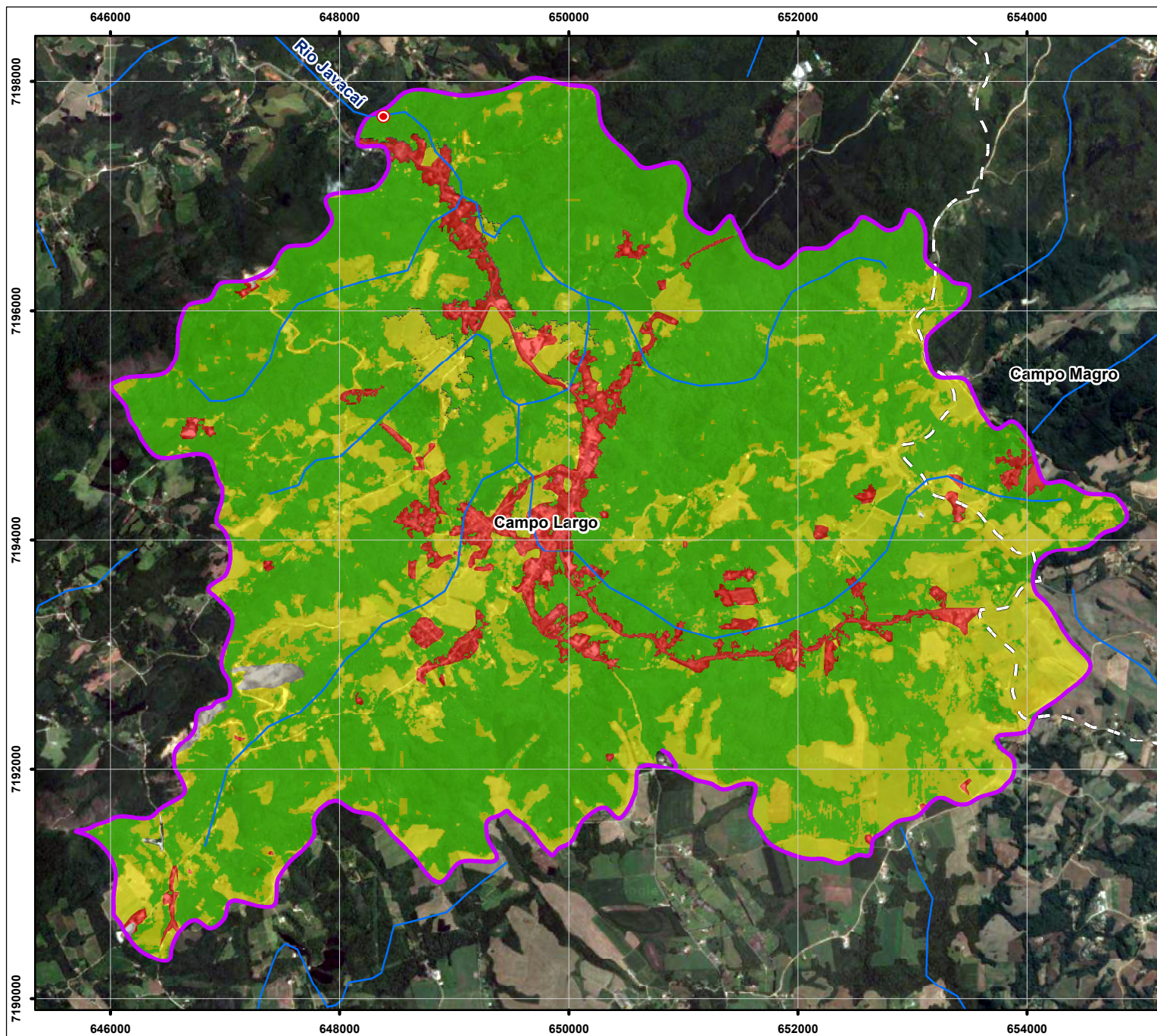
Uso do Solo	Área (km²)	Área (%)
Agricultura	0,5 km²	41%
Vegetação	0,7 km²	58%
Área Urbana	0,1 km²	1%
Mineração	-	-

Dados Técnicos

Datum: SIRGAS 2000 - Projeção Transversa de Mercator
Base Cartográfica: ITCG, 2010; IBGE, 2014; EMBRAPA, 2006.

Mapa de Uso do Solo - DMSC 04/05

Escala	Prancha
1 cm = 150 m	14/15



Localização

Legenda

Ponto de Amostragem

Drenagem

Delimitação Bacia

Limite Municipal

Uso do Solo:

- Agricultura
- Mineração
- Vegetação
- Área Urbana

Unidades Geomorfológicas:

- Planícies
- Serra do mar
- Primeiro Planalto Paranaense Idade Pré - Cambiana (Grupo Açungui), corresponde principalmente ao domínio cárstico
- Segundo Planalto Paranaense Idade Paleozóica (Grupo Itararé, Guatá e Passo Dois), predominando siltitos e folhelhos
- Terceiro Planalto Paranaense Idade Mesozóica (Grupo São Bento), especialmente rochas Balcálticas da Formação Serra Geral

Informações

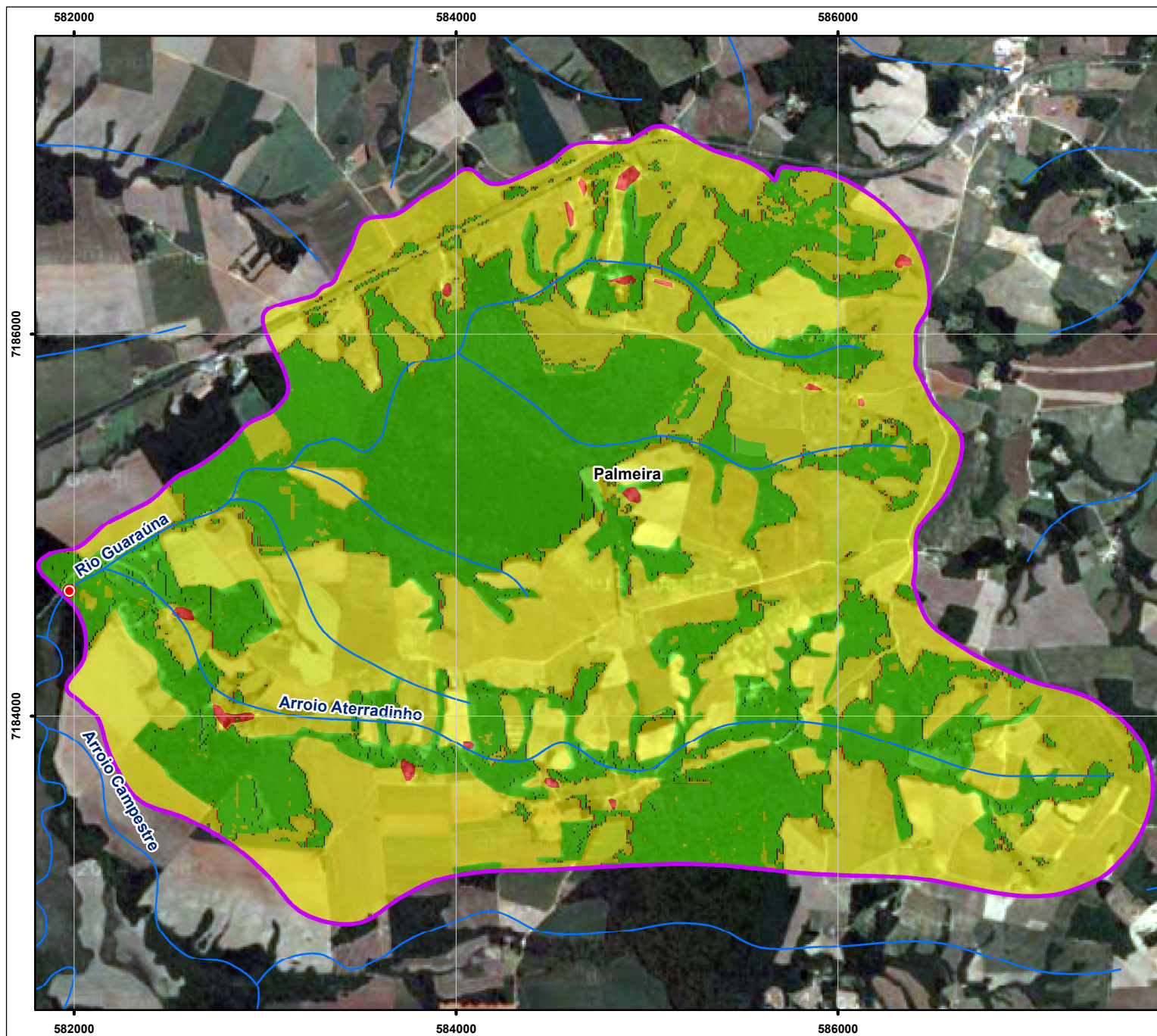
Uso do Solo	Área (km²)	Área (%)
Agricultura	11,7 km²	29%
Vegetação	26,4 km²	63%
Área Urbana	2,8 km²	7%
Mineração	0,2 km²	1%

Dados Técnicos

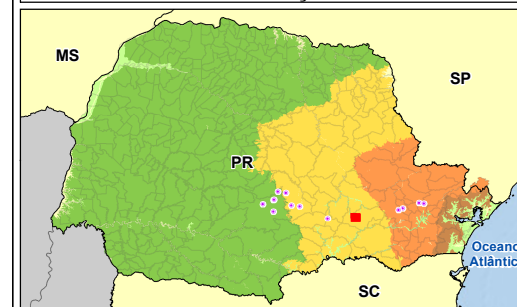
Datum: SIRGAS 2000 - Projeção Transversa de Mercator
Base Cartográfica: ITCG, 2010; IBGE, 2014; EMBRAPA, 2006.

Mapa de Uso do Solo - DMSC 05/05

Escala	Prancha
1 cm = 500 m	1:50.000
	15/15



Localização



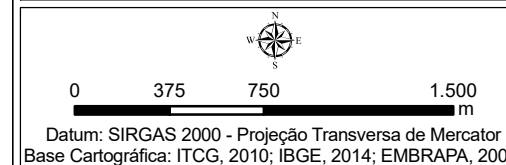
Legenda

- Ponto de Amostragem**
-
- Drenagem**
-
- Delimitação Bacia**
-
- Limite Municipal**
-
- Uso do Solo:**
- Amarelo: Agricultura
 - Verde: Vegetação
 - Vermelho: Área Urbana
- Unidades Geomorfológicas:**
- Planícies
 - Serra do mar
 - Primeiro Planalto Paranaense Idade Pré - Cambiana (Grupo Açungui), corresponde principalmente ao domínio cárstico
 - Segundo Planalto Paranaense Idade Paleozóica (Grupo Itararé, Guatá e Passo Dois), predominando siltitos e folhelhos
 - Terceiro Planalto Paranaense Idade Mesozóica (Grupo São Bento), especialmente rochas Bálticas da Formação Serra Geral

Informações

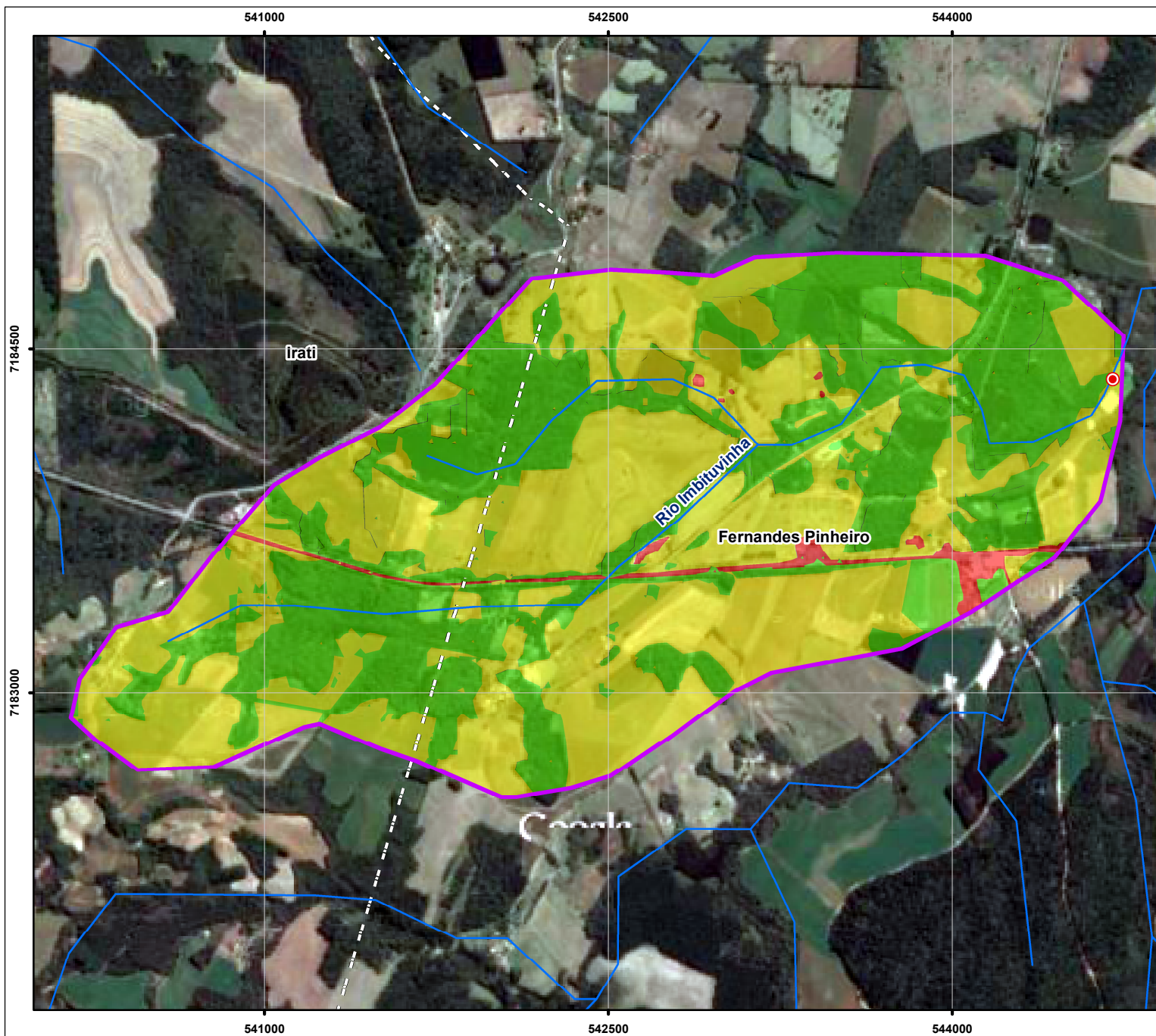
Uso do Solo	Área (km²)	Área (%)
Agricultura	10,2 km²	62%
Vegetação	6,1 km²	37%
Área Urbana	0,1 km²	1%
Mineração	-	-

Dados Técnicos

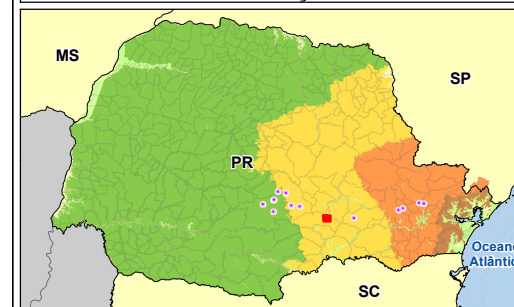


Mapa de Uso do Solo - DSTC 01/05

Escala	Prancha
1 cm = 300 m	1:30.000
	01/15



Localização



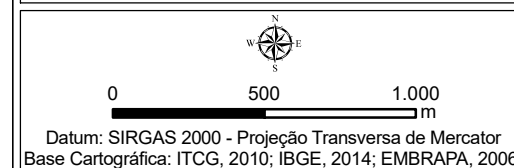
Legenda

- Ponto de Amostragem**
-
- Drenagem**
-
- Delimitação Bacia**
-
- Limite Municipal**
-
- Uso do Solo:**
- Amarelo: Agricultura
 - Verde: Vegetação
 - Vermelho: Área Urbana
- Unidades Geomorfológicas:**
- Planícies
 - Serra do mar
 - Primeiro Planalto Paranaense Idade Pré - Cambiana (Grupo Açungui), corresponde principalmente ao domínio cárstico
 - Segundo Planalto Paranaense Idade Paleozóica (Grupo Itararé, Guatá e Passo Dois), predominando siltitos e folhelhos
 - Terceiro Planalto Paranaense Idade Mesozóica (Grupo São Bento), especialmente rochas Balcálticas da Formação Serra Geral

Informações

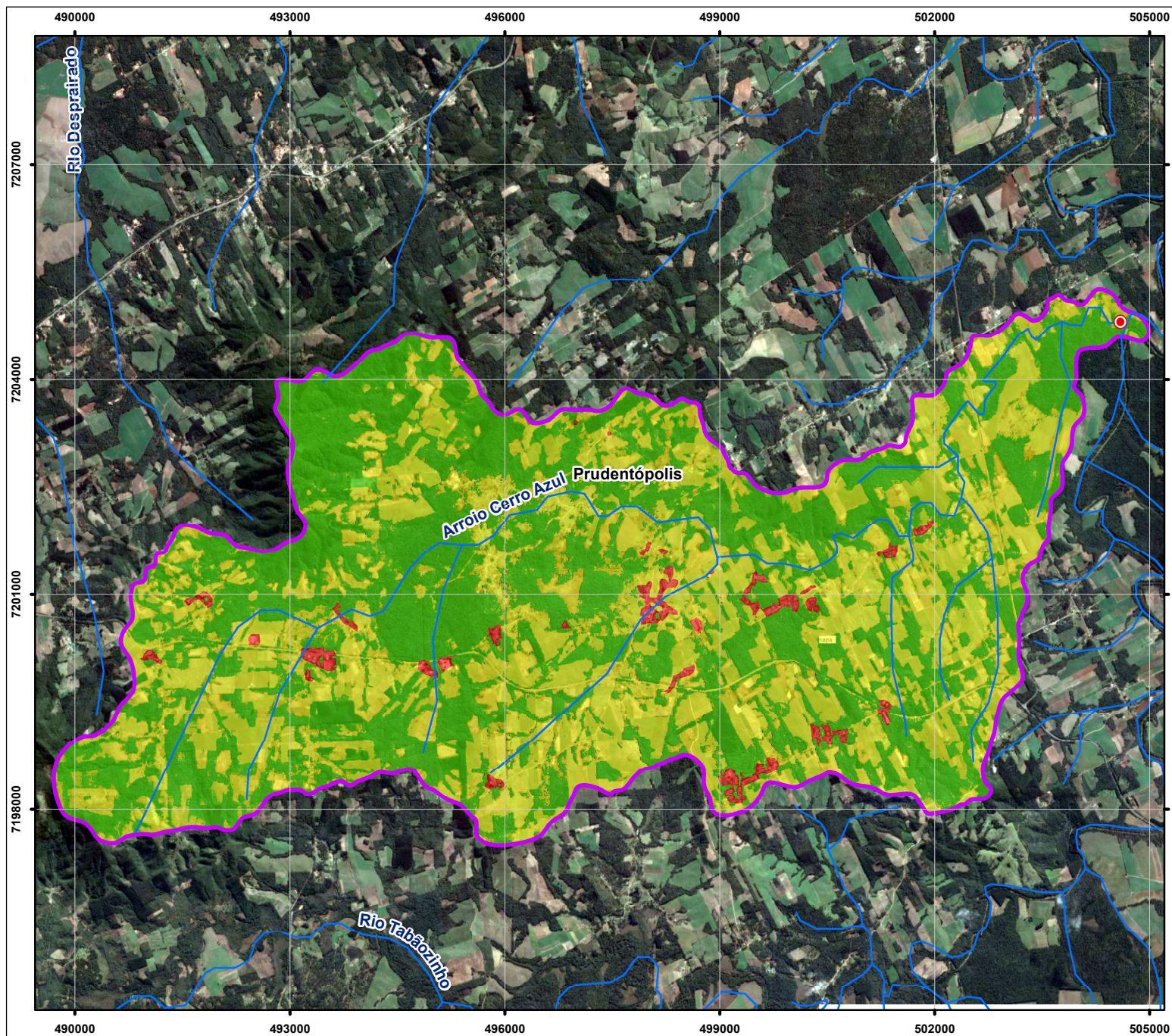
Uso do Solo	Área (km²)	Área (%)
Agricultura	3,8 km²	56%
Vegetação	2,9 km²	42%
Área Urbana	0,1 km²	2%
Mineração	-	-

Dados Técnicos

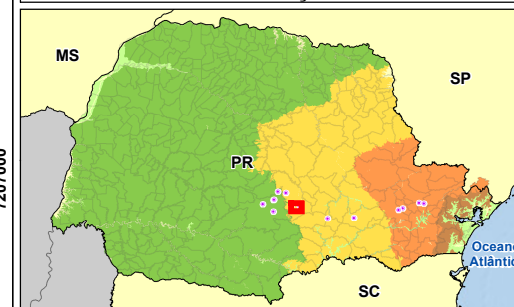


Mapa de Uso do Solo - DSTC 02/05

Escala	Prancha
1 cm = 250 m	1:25.000
	02/15



Localização



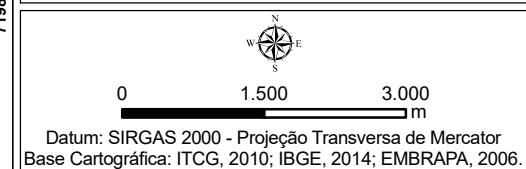
Legenda

- Ponto de Amostragem
- Drenagem
- Delimitação Bacia
- Limite Municipal
- Uso do Solo:**
- Agricultura
 - Vegetação
 - Área Urbana
- Unidades Geomorfológicas:**
- Planícies
 - Serra do mar
 - Primeiro Planalto Paranaense Idade Pré - Cambiana (Grupo Açungui), corresponde principalmente ao domínio cárstico
 - Segundo Planalto Paranaense Idade Paleozóica (Grupo Itararé, Guatá e Passo Dois), predominando siltitos e folhelhos
 - Terceiro Planalto Paranaense Idade Mesozóica (Grupo São Bento), especialmente rochas Balsálticas da Formação Serra Geral

Informações

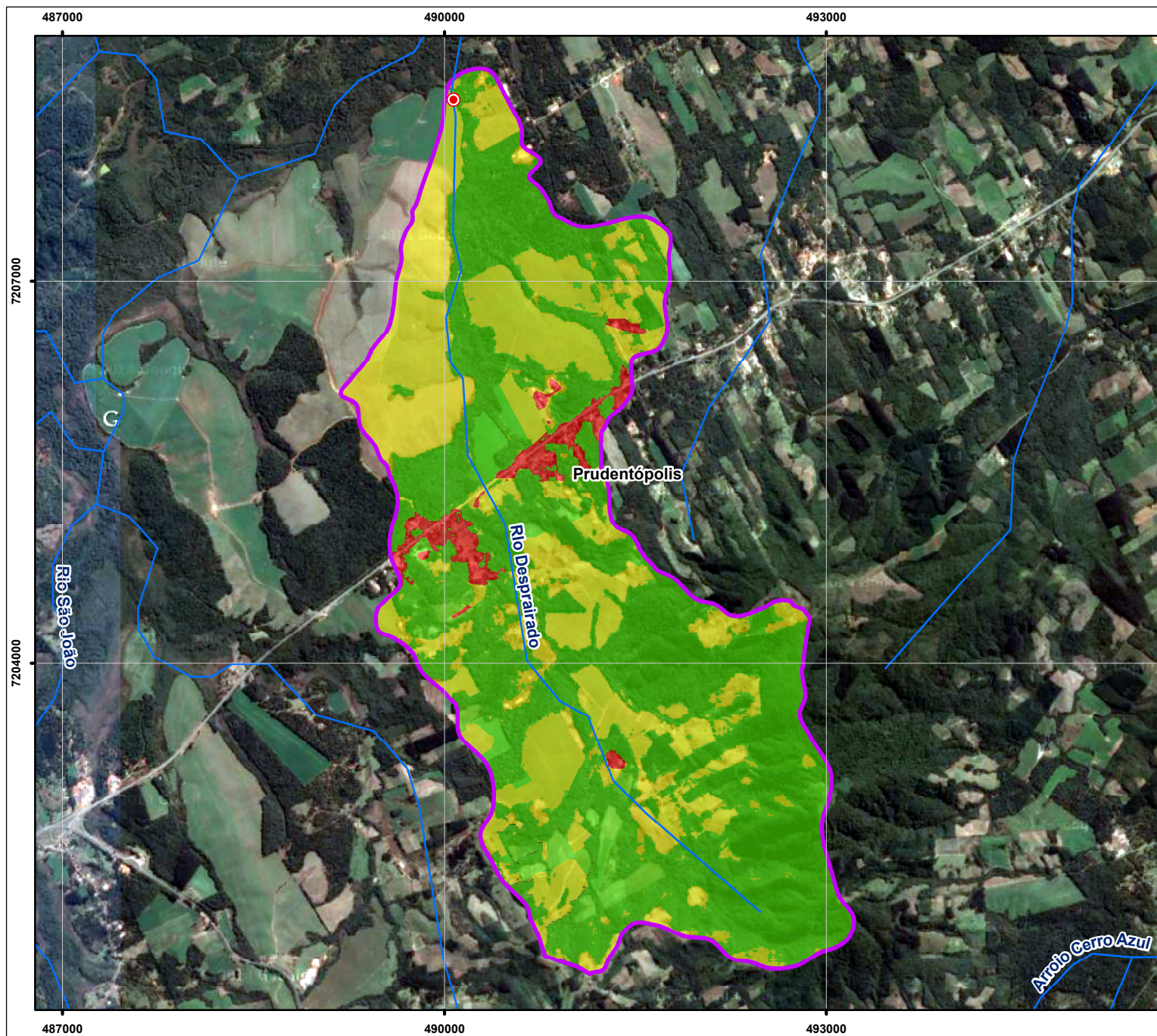
Uso do Solo	Área (km²)	Área (%)
Agricultura	32,8 km²	48%
Vegetação	33,9 km²	50%
Área Urbana	1,2 km²	2%
Mineração	-	-

Dados Técnicos



Mapa de Uso do Solo - DSTC 03/05

Escala	Prancha
1 cm = 800 m	1:80.000
	03/15



Localização

Legenda

Ponto de Amostragem

Drenagem

Delimitação Bacia

Limite Municipal

Uso do Solo:

- Agricultura
- Vegetação
- Área Urbana

Unidades Geomorfológicas:

- Planícies
- Serra do mar
- Primeiro Planalto Paranaense Idade Pré - Cambiana (Grupo Açungui), corresponde principalmente ao domínio cárstico
- Segundo Planalto Paranaense Idade Paleozóica (Grupo Itararé, Guatá e Passo Dois), predominando siltitos e folhelhos
- Terceiro Planalto Paranaense Idade Mesozóica (Grupo São Bento), especialmente rochas Balcálticas da Formação Serra Geral

Informações

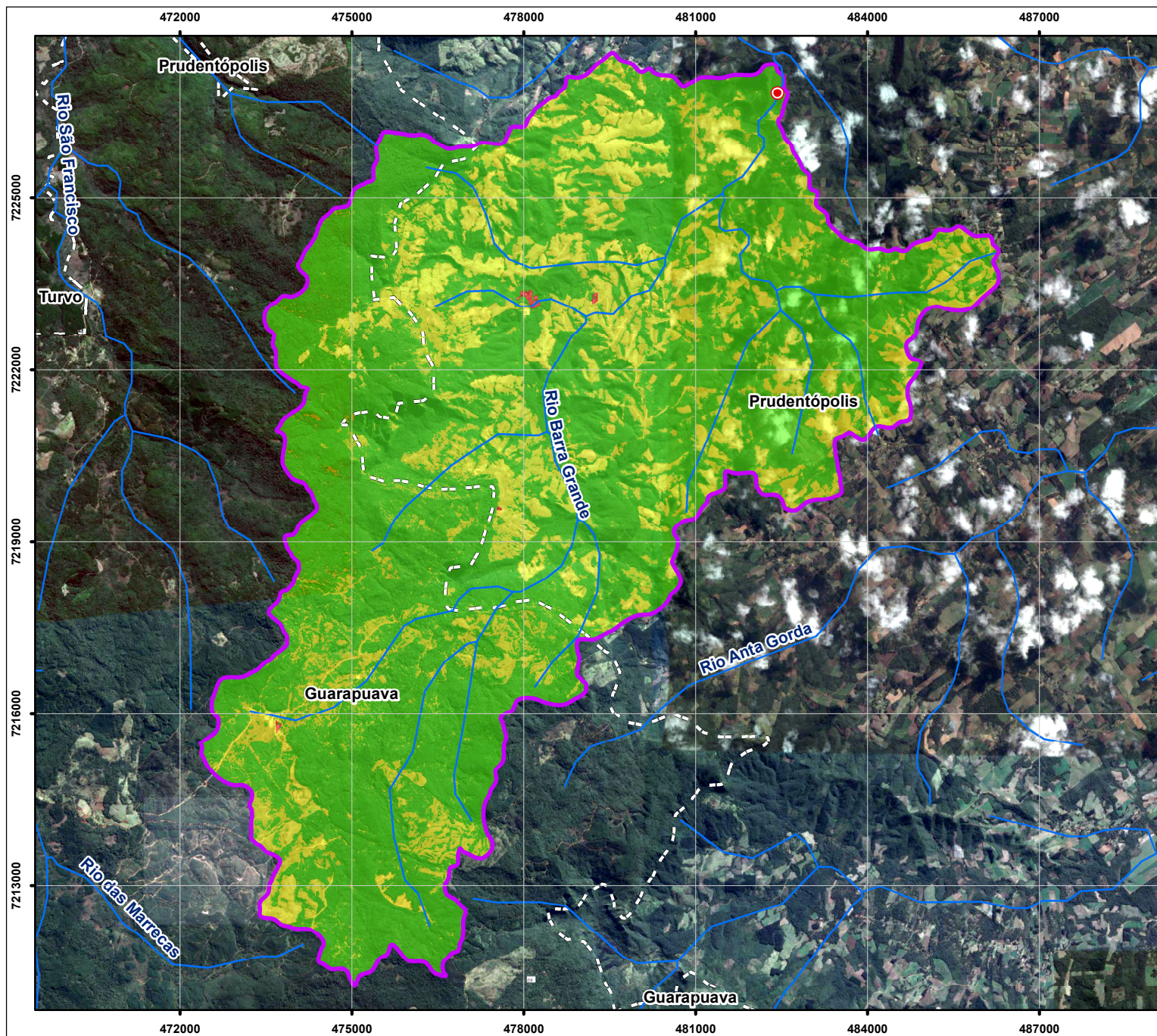
Uso do Solo	Área (km²)	Área (%)
Agricultura	5,2 km²	36%
Vegetação	8,7 km²	60%
Área Urbana	0,5 km²	4%
Mineração	-	-

Dados Técnicos

Datum: SIRGAS 2000 - Projeção Transversa de Mercator
Base Cartográfica: ITCG, 2010; IBGE, 2014; EMBRAPA, 2006.

Mapa de Uso do Solo - DSTC 04/05

Escala	Prancha
1 cm = 450 m	1:45.000
	04/15



Localização

Legenda

Ponto de Amostragem

Drenagem

Delimitação Bacia

Limite Municipal

Uso do Solo:

- Agricultura
- Vegetação
- Área Urbana

Unidades Geomorfológicas:

- Planícies
- Serra do mar
- Primeiro Planalto Paranaense Idade Pré - Cambiana (Grupo Açungui), corresponde principalmente ao domínio cárstico
- Segundo Planalto Paranaense Idade Paleozóica (Grupo Itararé, Guatá e Passo Dois), predominando siltitos e folhelhos
- Terceiro Planalto Paranaense Idade Mesozóica (Grupo São Bento), especialmente rochas Balsálticas da Formação Serra Geral

Informações

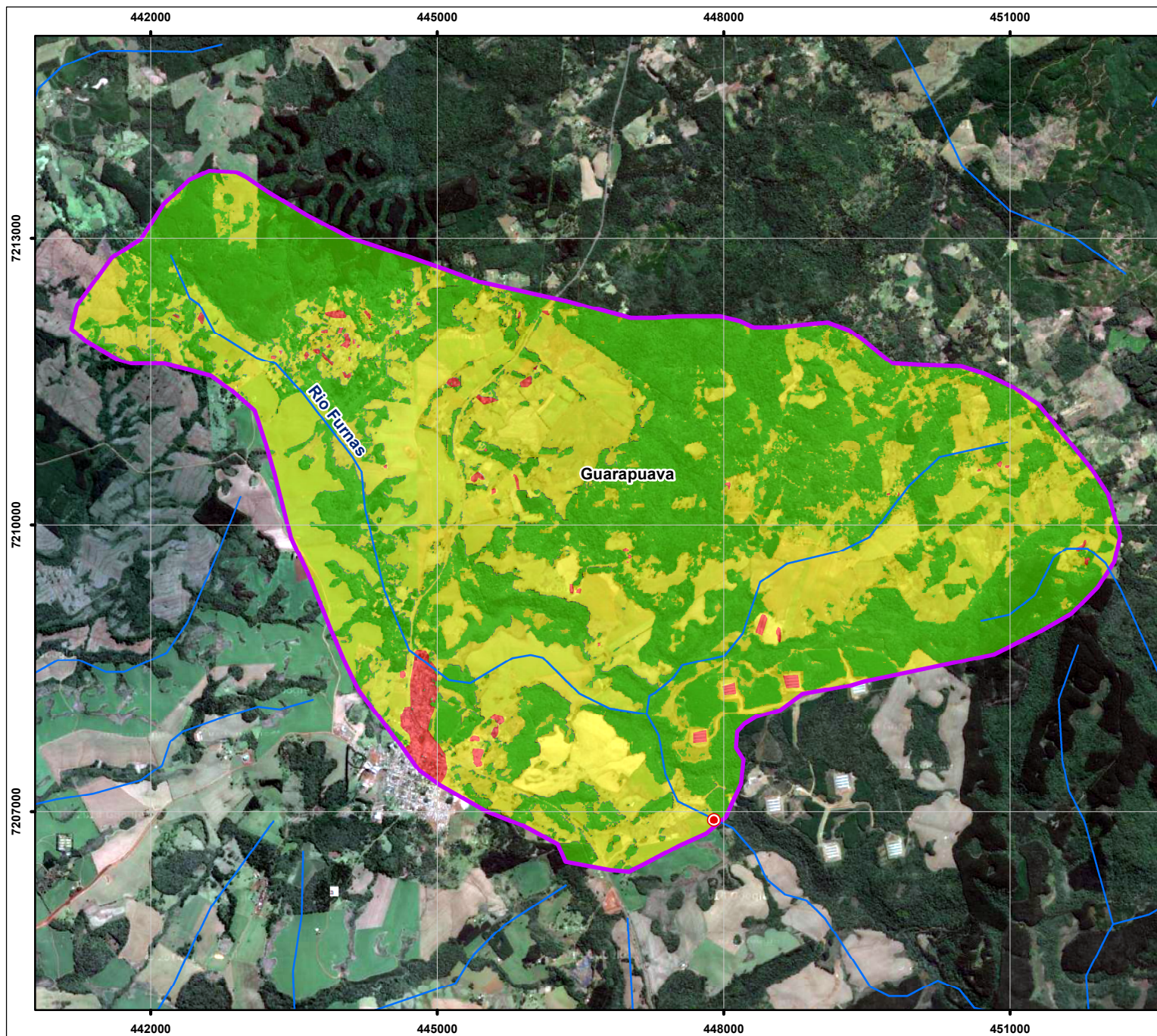
Uso do Solo	Área (km²)	Área (%)
Agricultura	29,9 km²	28%
Vegetação	78,5 km²	71%
Área Urbana	0,1 km²	1%
Mineração	-	-

Dados Técnicos

Datum: SIRGAS 2000 - Projeção Transversa de Mercator
Base Cartográfica: ITCG, 2010; IBGE, 2014; EMBRAPA, 2006.

Mapa de Uso do Solo - DSTC 05/05

Escala	Prancha
1 cm = 1.000 m	1:100.000
	05/15



Localização

Legenda

Ponto de Amostragem

Drenagem

Delimitação Bacia

Limite Municipal

Uso do Solo:

- Agricultura
- Vegetação
- Área Urbana

Unidades Geomorfológicas:

- Planícies
- Serra do mar
- Primeiro Planalto Paranaense Idade Pré - Cambiana (Grupo Açungui), corresponde principalmente ao domínio cárstico
- Segundo Planalto Paranaense Idade Paleozóica (Grupo Itararé, Guatá e Passo Dois), predominando siltitos e folhelhos
- Terceiro Planalto Paranaense Idade Mesozóica (Grupo São Bento), especialmente rochas Balcálticas da Formação Serra Geral

Informações

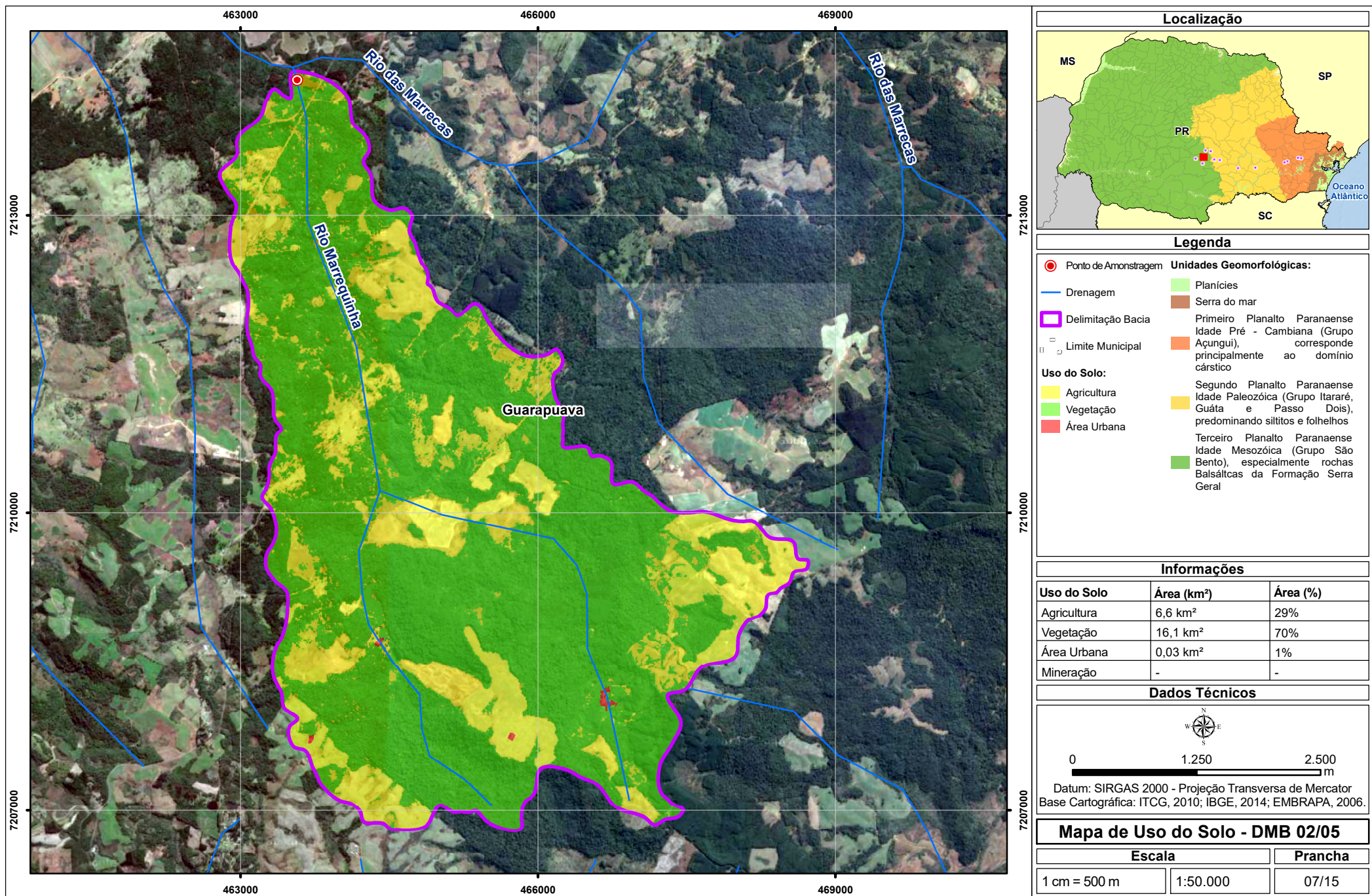
Uso do Solo	Área (km²)	Área (%)
Agricultura	19,95 km²	49%
Vegetação	20,3 km²	50%
Área Urbana	0,6 km²	1%
Mineração	-	-

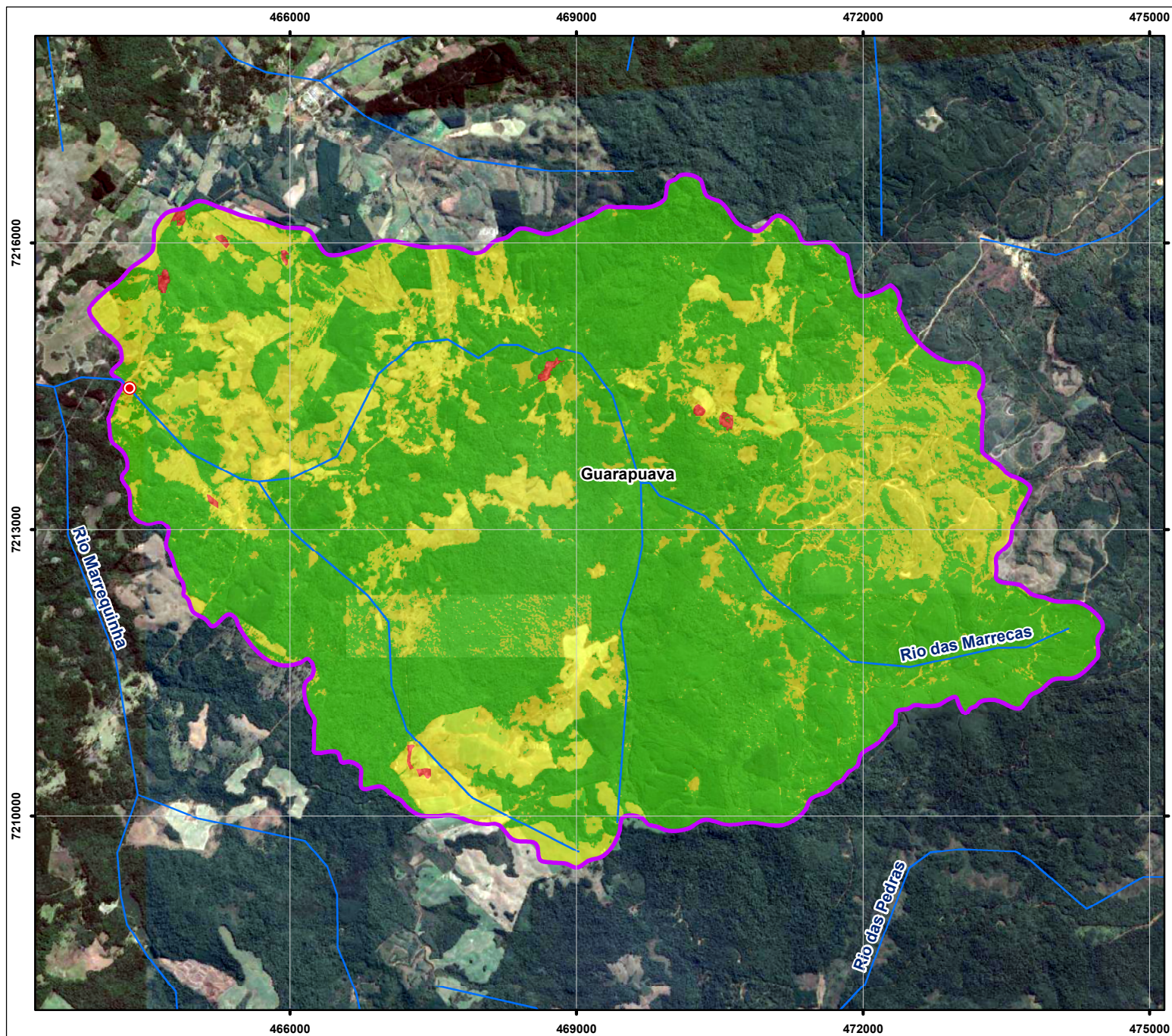
Dados Técnicos

Datum: SIRGAS 2000 - Projeção Transversa de Mercator
Base Cartográfica: ITCG, 2010; IBGE, 2014; EMBRAPA, 2006.

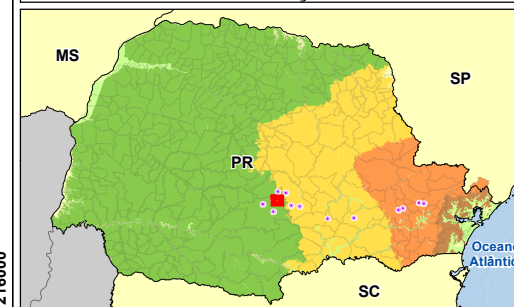
Mapa de Uso do Solo - DMB 01/05

Escala	Prancha
1 cm = 600 m	1:60.000
	06/15





Localização



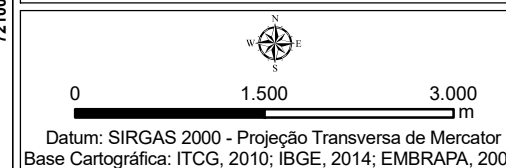
Legenda

- Ponto de Amostragem**
- Drenagem
 - Delimitação Bacia
 - Limite Municipal
- Unidades Geomorfológicas:**
- Planícies
 - Serra do mar
 - Primeiro Planalto Paranaense Idade Pré - Cambiana (Grupo Açungui), corresponde principalmente ao domínio cárstico
 - Segundo Planalto Paranaense Idade Paleozóica (Grupo Itararé, Guatá e Passo Dois), predominando siltitos e folhelhos
 - Terceiro Planalto Paranaense Idade Mesozóica (Grupo São Bento), especialmente rochas Balcálticas da Formação Serra Geral
- Uso do Solo:**
- Agricultura
 - Vegetação
 - Área Urbana

Informações

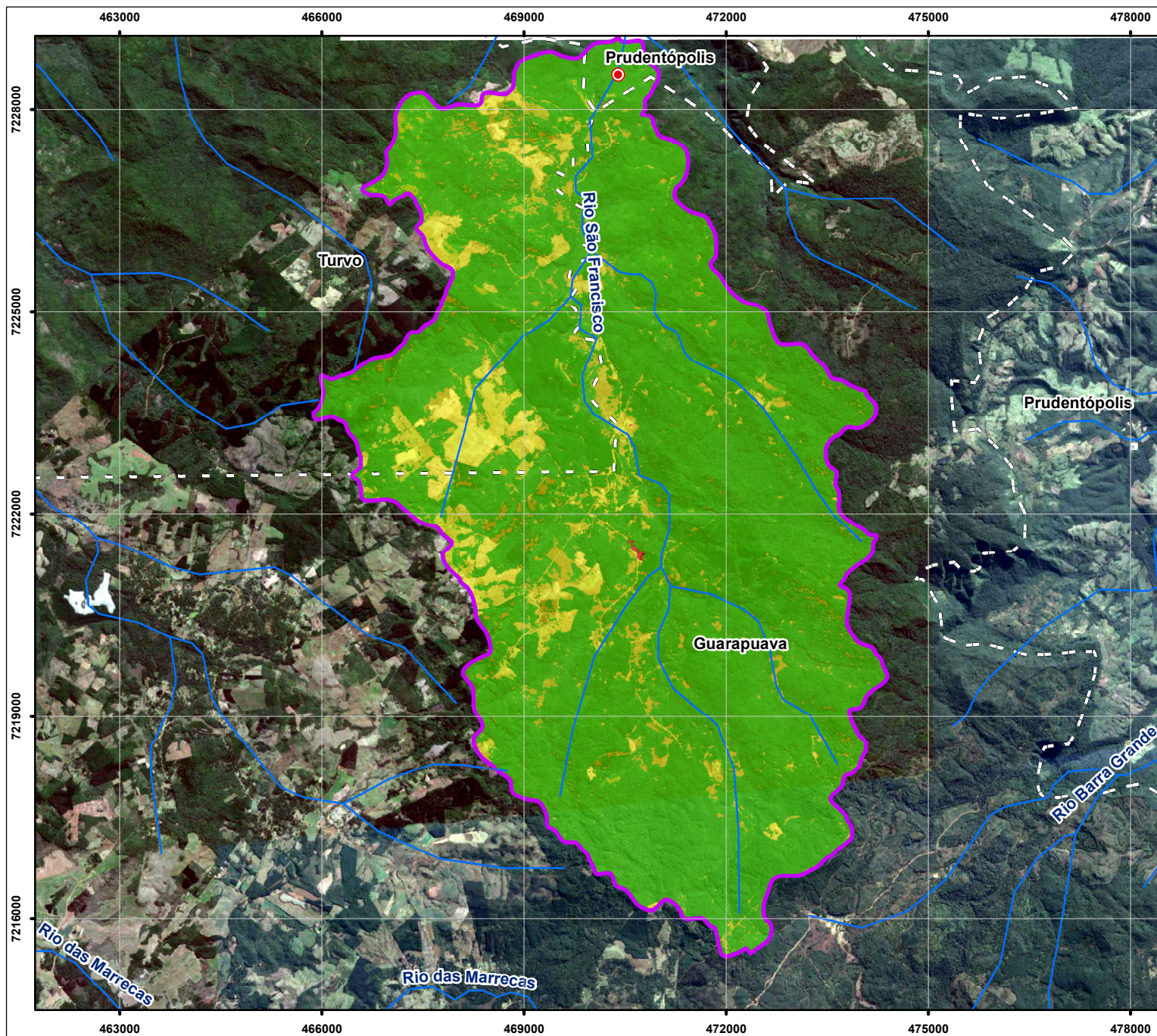
Uso do Solo	Área (km²)	Área (%)
Agricultura	15,1 km²	30%
Vegetação	34,9 km²	69%
Área Urbana	0,1 km²	1%
Mineração	-	-

Dados Técnicos



Mapa de Uso do Solo - DMB 03/05

Escala	Prancha
1 cm = 600 m	1:60.000
	08/15



Localização

Legenda

Ponto de Amostragem

Drenagem

Delimitação Bacia

Limite Municipal

Uso do Solo:

- Agricultura
- Vegetação
- Área Urbana

Unidades Geomorfológicas:

- Planícies
- Serra do mar
- Primeiro Planalto Paranaense Idade Pré - Cambiana (Grupo Açungui), corresponde principalmente ao domínio cárstico
- Segundo Planalto Paranaense Idade Paleozóica (Grupo Itararé, Guatá e Passo Dois), predominando siltitos e folhelhos
- Terceiro Planalto Paranaense Idade Mesozóica (Grupo São Bento), especialmente rochas Balcálticas da Formação Serra Geral

Informações

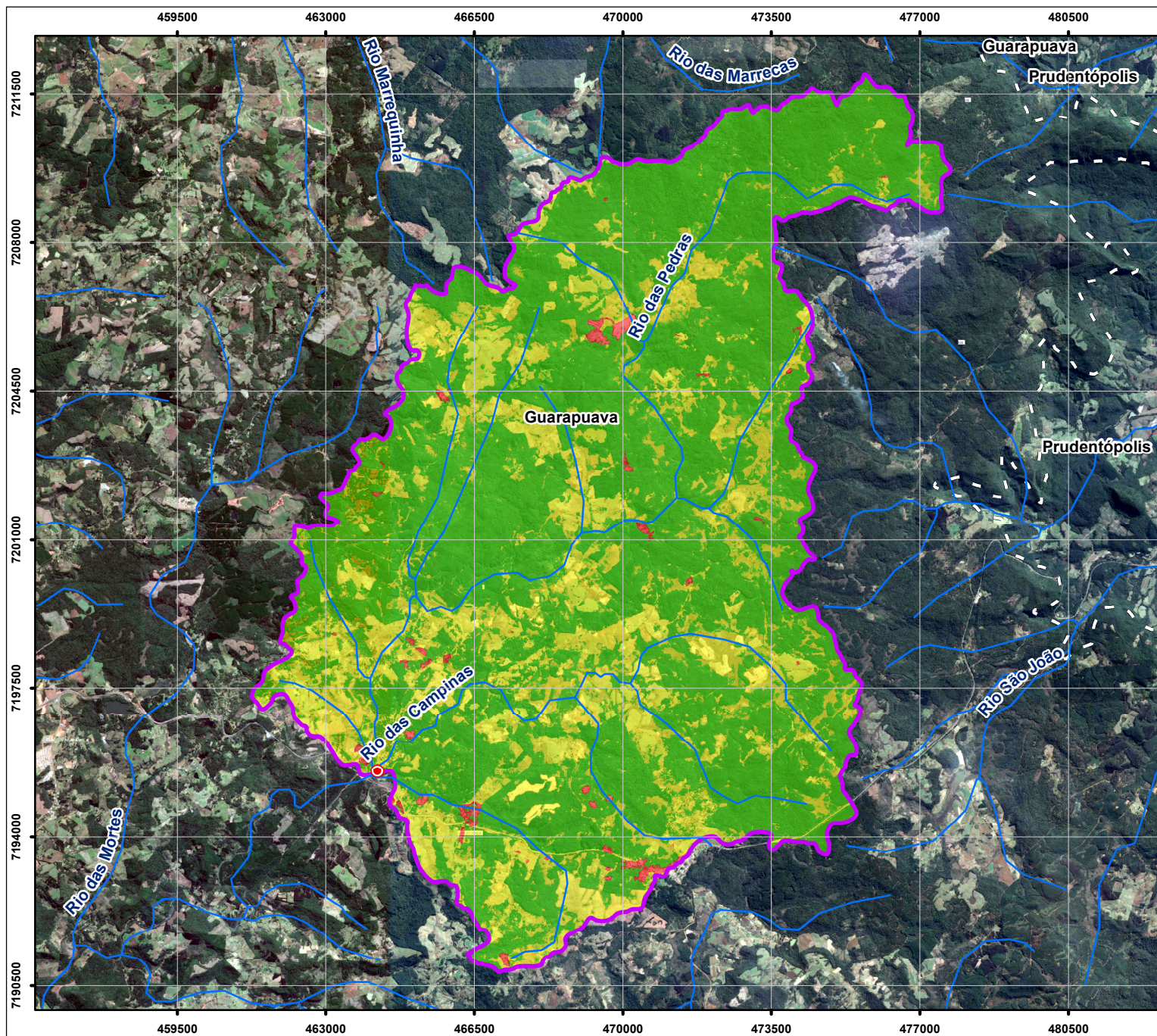
Uso do Solo	Área (km²)	Área (%)
Agricultura	9,2 km²	13%
Vegetação	56,6 km²	86%
Área Urbana	0,02 km²	1%
Mineração	-	-

Dados Técnicos

Datum: SIRGAS 2000 - Projeção Transversa de Mercator
Base Cartográfica: ITCG, 2010; IBGE, 2014; EMBRAPA, 2006.

Mapa de Uso do Solo - DMB 04/05

Escala	Prancha
1 cm = 850 m	09/15



Localização

Legenda

Ponto de Amostragem

Drenagem

Delimitação Bacia

Limite Municipal

Uso do Solo:

- Agricultura
- Vegetação
- Área Urbana

Unidades Geomorfológicas:

- Planícies
- Serra do mar
- Primeiro Planalto Paranaense Idade Pré - Cambiana (Grupo Açungui), corresponde principalmente ao domínio cárstico
- Segundo Planalto Paranaense Idade Paleozóica (Grupo Itararé, Guatá e Passo Dois), predominando siltitos e folhelhos
- Terceiro Planalto Paranaense Idade Mesozóica (Grupo São Bento), especialmente rochas Balsálticas da Formação Serra Geral

Informações

Uso do Solo	Área (km²)	Área (%)
Agricultura	55,3 km²	30%
Vegetação	130,2 km²	69%
Área Urbana	1,8 km²	1%
Mineração	-	-

Dados Técnicos

Datum: SIRGAS 2000 - Projeção Transversa de Mercator
Base Cartográfica: ITCG, 2010; IBGE, 2014; EMBRAPA, 2006.

Mapa de Uso do Solo - DMB 05/05

Escala	Prancha
1 cm = 1.350 m	10/15